

Estimation of Poverty in North Sumatera in 2022 using Truncated and Penalized Spline Regression

Kurnia Andrea Diva, Fadhilah Fitri*, Dony Permana, Admi Salma

Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding author: fadhilahfitri@fmipa.unp.ac.id

Submitted : 02 Agustus 2024

Revised : 18 Agustus 2024

Accepted : 19 Agustus 2024

ABSTRACT

The Sustainable Development Goals' main goal is to reduce poverty (SDGs). Low human capital is the cause of poverty. The Human Development Index is one indicator that can be used to assess human capital (HDI). Despite having the largest population on the island of Sumatra, North Sumatra continues to have the fifth highest poverty rate. Because the pattern of the relationship between poverty and HDI based on previous research is still unclear because the results are inconsistent, nonparametric regression modeling was used in this study because it is flexible in following the pattern of data relationships and can avoid model prespecific errors. This study aims to compare the Spline Truncated and Penalized Spline regression methods. The results of the comparison between the Truncated Spline regression model and the P-Spline regression model by looking at the smallest MSE value showed that a better estimator for modeling the Human Development Index in North Sumatera in 2022 is non-parametric regression using the truncated spline estimator. where the best truncated spline modeling is at order 2 with one knot point located at $X = 66.93$ with a GCV value of 6.0543.

Keywords: Poverty, HDI, nonparametric, Spline Truncated, Penalized Spline



This is an open access article under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author and Universitas Negeri Padang.

I. PENDAHULUAN

Negara-negara di dunia, khususnya negara berkembang selalu menghadapi masalah kemiskinan. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang setiap tahun berusaha untuk mengurangi jumlah penduduk miskin. Penanggulangan kemiskinan merupakan tujuan utama dari *Sustainable Development Goals* (SDGs). Tercatat pada data Kementerian Keuangan Indonesia bahwa tingkat kemiskinan September 2022 sebesar 9,57% atau sebanyak 26,36 juta orang berada di bawah garis kemiskinan. Angka ini meningkat dibandingkan dengan Maret 2022 (9,54%) tetapi lebih rendah dibanding tingkat kemiskinan pada September 2021 (9,71%).

Salah satu daerah yang memiliki tingkat kemiskinan yang tinggi yaitu Provinsi Sumatera Utara. Sumatera Utara masih menempati posisi ke-lima dengan tingkat kemiskinan tertinggi di Pulau Sumatera, padahal memiliki jumlah penduduk terbanyak di Pulau Sumatera. Hasil Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) yang dilaksanakan pada September 2022 menunjukkan jumlah penduduk miskin di Sumatera Utara sebanyak 1.262,09 ribu jiwa, atau sebesar 8,33 persen terhadap total penduduk. Jumlah penduduk miskin tersebut menurun jika dibandingkan dengan jumlah penduduk miskin pada September 2021 yang mencatatkan jumlah penduduk miskin sebanyak 1.273,07 ribu jiwa atau sebesar 8,49 persen. Berdasarkan data BPS, jika dibandingkan dengan keadaan semester lalu pada Maret 2022, dimana jumlah penduduk miskin sebanyak 1.268,19 ribu jiwa dengan persentase 8,42 persen, terjadi penurunan sebanyak 6,1 ribu jiwa dan penurunan persentase penduduk miskin sebesar 0,09 poin.

Banyak faktor yang berkontribusi pada masalah kemiskinan, salah satunya Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Penelitian yang dilakukan oleh Yusuf dan Rahman (2018) menunjukkan bahwa Indeks Pembangunan Manusia (IPM) memiliki dampak signifikan terhadap tingkat kemiskinan. Mereka mengemukakan bahwa peningkatan IPM, yang mencakup aspek kesehatan, pendidikan, dan standar hidup, sering kali berhubungan dengan penurunan kemiskinan. Dengan kata lain, peningkatan IPM dapat mengurangi tingkat kemiskinan karena perbaikan dalam faktor-faktor ini membantu meningkatkan pendapatan dan kualitas hidup individu. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa program-program yang meningkatkan IPM, seperti peningkatan akses pendidikan dan layanan kesehatan, dapat secara efektif mengurangi kemiskinan (Yusuf & Rahman, 2018)

Rendahnya akses untuk memperoleh pendidikan cenderung menyebabkan rendahnya produktivitas kaum miskin (Rasidin & Bonar, 2004). Todaro (2000) juga mengatakan bahwa pembangunan manusia merupakan tujuan pembangunan itu sendiri, yang mana pembangunan manusia memainkan peranan kunci dalam membentuk kemampuan sebuah negara dalam menyerap teknologi modern dan untuk mengembangkan kapasitasnya agar

tercipta pertumbuhan serta pembangunan yang berkelanjutan. IPM dibentuk berdasarkan 3 dimensi yaitu dimensi umur panjang dan hidup sehat, dimensi pengetahuan, dan dimensi standar hidup layak. Ketiga dimensi ini merupakan pendekatan yang dipilih dalam penggambaran kualitas hidup manusia (BPS, 2021).

Analisis hubungan antara Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dan tingkat kemiskinan sering kali memerlukan pendekatan yang lebih canggih daripada model linier sederhana, karena hubungan tersebut dapat bersifat non-linear. Untuk melihat pengaruh yang bersifat non-linear dapat digunakan regresi nonparametrik. Regresi nonparametrik merupakan salah satu model regresi yang digunakan untuk mengetahui adanya pola hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor yang tidak diketahui bentuk kurva regresinya atau tidak terdapat informasi distribusi mengenai bentuk pola data, sehingga regresi nonparametrik mampu mengatasi kesulitan dalam regresi parametrik. Regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam memodelkan pola data (Eubank, 1999). *Spline* adalah fungsi *piecewise-polynomial* yang membagi data menjadi beberapa segmen dan memodelkan hubungan di setiap segmen dengan polinomial, memberikan fleksibilitas untuk menangkap perubahan yang kompleks dalam data (Eilers & Marx, 1996).

Metode *truncated spline* dan *penalized spline* menawarkan solusi yang efektif untuk menangkap kompleksitas hubungan ini. *Truncated spline* membagi rentang nilai IPM menjadi beberapa segmen berdasarkan titik potong tertentu, memungkinkan model untuk menangkap variasi non-linear di setiap segmen (Eilers & Marx, 1996). Metode ini berguna ketika perubahan dalam hubungan antara IPM dan kemiskinan tidak merata di seluruh rentang data. Sebaliknya, *penalized spline* menggabungkan *spline* dengan penalti untuk kompleksitas, memberikan fleksibilitas dalam model non-linear sambil menghindari *overfitting* (Eilers & Marx, 2002). Teknik ini cocok untuk analisis yang memerlukan model yang dapat menangkap pola kompleks tetapi tetap mempertahankan kesederhanaan dan interpretabilitas. Dengan menerapkan kedua metode ini, analisis diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam dan akurat tentang bagaimana IPM mempengaruhi tingkat kemiskinan, serta efektivitas kebijakan pembangunan yang terkait (Ruppert, Wand, & Carroll, 2003).

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan pemodelan kemiskinan dengan faktor yang mempengaruhinya yaitu IPM dengan menggunakan analisis regresi nonparametrik. Pola hubungan antara kemiskinan dan IPM berdasarkan penelitian sebelumnya masih belum dapat ditentukan secara jelas karena memiliki hasil yang berbeda-beda sehingga pada penelitian ini digunakan pemodelan regresi nonparametrik karena sifatnya yang fleksibel dalam mengikuti pola hubungan data serta dapat menghindari kesalahan prespesifikasi model. Dengan membandingkan *truncated spline* dan *penalized spline*, penelitian ini berusaha memberikan kontribusi dalam memilih metode yang paling sesuai untuk analisis hubungan non-linear antara IPM dan kemiskinan, sehingga memberikan wawasan yang lebih baik bagi pengambilan keputusan. Untuk memperoleh model yang terbaik maka dilakukan perbandingan antara model regresi *Spline Truncated* dan model regresi *Penalized Spline* dengan melihat nilai MSE yang paling kecil.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metodologi yang digunakan akan berfokus pada perbandingan antara dua metode *spline*, yaitu *truncated spline* dan *penalized spline*, untuk menganalisis pengaruh Indeks Pembangunan Manusia (IPM) terhadap kemiskinan. Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatera Utara pada tahun 2022. Variabel yang digunakan yaitu, Indeks Pembangunan Manusia (X) dan tingkat kemiskinan (Y). Untuk melihat hubungan antara IPM dan tingkat kemiskinan digunakan regresi nonparametrik. Secara umum model regresi nonparametrik dapat ditulis sebagai berikut.

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

Estimasi kurva regresi dilakukan dengan regresi *Spline Truncated* dan *Penalized Spline* menggunakan bantuan *software RStudio*. Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam mengestimasi kurva regresi ini sebagai berikut:

1. Melakukan eksplorasi data untuk meringkas atau menghitung ukuran statistik data dan juga menampilkan data melalui grafik (visualisasi data).
2. Melakukan pemilihan titik knot optimal

Pemilihan titik knot optimal dilakukan dengan menentukan banyaknya titik knot dan lokasi titik knot optimal berada sehingga menghasilkan nilai *generalized cross validation* (GCV) minimum, dengan fungsi sebagai berikut:

$$GCV(h) = \frac{MSE(h)}{\left(\frac{1}{n} \text{tr}[\mathbf{I} - \mathbf{A}(h)]\right)^2} \quad (2)$$

dengan

$$MSE(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3)$$

$$(4)$$

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

Keterangan:

- A(h)** : Matriks yang bergantung pada parameter *smoothing* h
- n** : Jumlah data
- y_i : Nilai respons sebenarnya pada titik i.
- \hat{y}_i : ilai prediksi model pada titik i
- X** : Matriks desain atau matriks basis (fungsi basis dari variabel prediktor)
- K_h** : Matriks penalti yang bergantung pada parameter *smoothing* h

3. Melakukan pemodelan menggunakan regresi *truncated spline*

Spline merupakan fungsi polinomial terpotong dalam orde k, yang mana di dalam fungsi tersebut terdapat titik-titik penghubung yang disebut dengan titik knot. Titik knot dapat diartikan sebagai titik perpaduan bersama yang menunjukkan terjadinya perubahan pola perilaku data. Orde dalam fungsi spline menunjukkan ketinggian derajat polinom fungsi tersebut. Titik knot dan orde inilah yang kemudian akan dipakai untuk menentukan model regresi splinenya. Secara umum fungsi spline keluarga polinomial truncated berorde m didefinisikan sebagai fungsi dengan titik-titik knot k_1, k_2, \dots, k_3 yang disajikan dalam bentuk berikut (Eubank,1999):

$$y_i = \sum_{j=0}^{m-1} \beta_j x_i^j + \sum_{j=1}^r \beta_{j+m-1} (x_i - k_j)_+^{m-1} \tag{5}$$

Fungsi $(x_i - k_j)_+^{m-1}$ merupakan fungsi *truncated* (potongan) yang diberikan oleh:

$$(x_i - k_j)_+^{m-1} = \begin{cases} (x_i - k_j)^{m-1} & \text{untuk } x - k_j \geq 0 \\ 0 & \text{untuk } x - k_j < 0 \end{cases} \tag{6}$$

Dengan *m* adalah orde *spline* dan *k* adalah *knot* yang terpilih.

4. Melakukan pemodelan menggunakan regresi *penalized spline*

Metode regresi P-Spline merupakan suatu metode regresi non-parametrik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel dependen dan independen. *P-Spline* merupakan singkatan dari "*penalized splines*", yang mengacu pada fungsi spline yang diubah dengan memberikan penalty pada beberapa parameter.

Dalam Ruppert (2003) disebutkan bahwa penggunaan knot yang relatif besar akan mempengaruhi kemulusan model, sehingga diperlukan suatu metode yang tetap mempertahankan banyak knot tetapi membatasi pengaruhnya. Selain itu, penggunaan knot yang relatif besar akan menghasilkan penduga kurva regresi yang lebih bervariasi dalam memetakan data. Hasil yang sedikit fleksibel dapat diperoleh dengan menambahkan penalty pada derivatif ke dua dari taksiran kurva sehingga diperoleh fungsi *penalized least square* (PLS)

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 + \lambda^{2p} \sum_{j=1}^m \beta_{p+j}^2 \tag{7}$$

Dengan $\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2$ menyatakan jumlah kuadrat sisaan, $\lambda^{2p} \sum_{j=1}^m \beta_{p+j}^2$ menyatakan, *roughness penalty* (ukuran pemulusan dalam memetakan data), dan $0 < \lambda < 1$ adalah parameter pemulus yang mengontrol keseimbangan antara kesesuaian terhadap data (*goodness of fit*) dan kemulusan kurva (*penalty*). Nilai λ yang besar (mendekati 1) akan memberikan bobot kemulusan kurva yang besar dan mempunyai variansi yang kecil.

5. Melakukan perbandingan model *truncated spline* dan *penalized spline*

Hasil dari model *truncated spline* dan *penalized spline* akan dibandingkan untuk menentukan mana yang lebih baik dalam menangkap hubungan non-linear antara IPM dan kemiskinan. Perbandingan akan dilihat menggunakan nilai MSE, dimana model terbaik memiliki nilai MSE terkecil

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Statistika Deskriptif

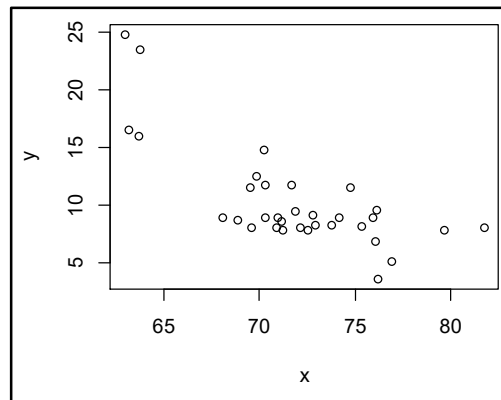
Statistika deskriptif bertujuan untuk menggambarkan karakteristik dan ringkasan umum dari setiap variabel yang digunakan. Data deskriptif ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Statistika Deskriptif

Ukuran	Variabel	
	Indeks Pembangunan Manusia	Tingkat Kemiskinan
N	33	33
Rata-rata	71,79	10,32
Median	71,67	8,89
Standar Deviasi	4,42	4,54
Nilai Minimum	62,93	3,62
Nilai Maksimum	81,76	24,75

Tabel 1 menunjukkan ringkasan atau gambaran umum dari data penelitian. Dimana Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada tabel menunjukkan tingkat kualitas hidup di berbagai daerah berdasarkan komponen seperti kesehatan, pendidikan, dan standar hidup. Dari data yang dianalisis, rata-rata IPM adalah 71,79, menunjukkan bahwa sebagian besar daerah memiliki kualitas hidup yang relatif baik. Nilai median sebesar 71,67, yang hampir sama dengan rata-rata, menunjukkan distribusi IPM yang cukup simetris. Dengan standar deviasi sebesar 4,42, terlihat bahwa ada variasi yang moderat dalam IPM di antara daerah yang dianalisis, namun variasi ini tidak terlalu ekstrem. Nilai minimum IPM adalah 62,93, menunjukkan bahwa ada daerah dengan kualitas hidup yang lebih rendah, sementara nilai maksimum adalah 81,76, menandakan adanya daerah dengan kualitas hidup yang sangat baik.

Tingkat kemiskinan dalam tabel 1 mengukur persentase penduduk yang hidup di bawah garis kemiskinan di berbagai daerah. Rata-rata tingkat kemiskinan dari 33 sampel adalah 10,32%, menunjukkan bahwa secara umum, sekitar satu dari sepuluh orang di daerah-daerah tersebut hidup di bawah garis kemiskinan. Median tingkat kemiskinan sebesar 8,89% yang lebih rendah dari rata-rata, mengindikasikan bahwa sebagian besar daerah memiliki tingkat kemiskinan di bawah rata-rata, tetapi ada beberapa daerah dengan tingkat kemiskinan yang jauh lebih tinggi yang mempengaruhi rata-rata keseluruhan. Standar deviasi sebesar 4,54 menunjukkan adanya variasi yang signifikan dalam tingkat kemiskinan antar daerah. Nilai minimum tingkat kemiskinan adalah 3,62%, menandakan bahwa beberapa daerah memiliki tingkat kemiskinan yang sangat rendah, sedangkan nilai maksimum 24,75% menunjukkan adanya daerah dengan tingkat kemiskinan yang cukup tinggi, yang memerlukan perhatian khusus. Selanjutnya, sebelum memulai analisis data, perlu dilakukan *plotting* data menggunakan *scatterplot* untuk melihat pola hubungan variabel IPM terhadap tingkat kemiskinan.



Gambar 1. Diagram Pencar Tingkat Kemiskinan Terhadap IPM Tahun 2022 di Provinsi Sumatera Utara

Dari Gambar 1 terlihat bahwa variabel IPM dan variabel tingkat kemiskinan tidak mengikuti pola hubungan tertentu. Jika dianalisis menggunakan regresi parametrik akan menemui kendala karena harus memenuhi asumsi-asumsi tertentu atau bisa dikenal dengan asumsi klasik. Sehingga, data dimodelkan menggunakan regresi nonparametric yang tidak membutuhkan pemenuhan asumsi tertentu, dalam analisis ini akan digunakan regresi *truncated spline* dan *penalized spline*.

B. Pemodelan Regresi Nonparametrik Menggunakan Regresi *Truncated Spline*

1. Pemilihan Titik Knot Optimal

Hasil pemilihan titik knot optimal dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Pemilihan Titik Knot Optimal

Banyak Titik Knot	Lokasi Knot Optimal	Orde	GCV
1	66,93		6,0543
2	65,93		6,0623
3	67,93	2	6,0631
4	64,93		6,1848
5	68,93		6,2923
1	67,93		6,3967
2	66,93	3	6,4117
3	68,93		6,4215
4	65,93		6,4608

5 69,93 6,5161

Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa nilai GCV minimum dari regresi metode regresi Spline *Truncated* terbaik berada pada orde 2 dengan satu titik knot yang terletak pada $X = 66,93$ dengan nilai GCV sebesar 6,0543.

2. Model Persamaan Regresi Nonparametrik Menggunakan Regresi *Truncated Spline*

Setelah didapatkan titik knot optimal, maka diperoleh model persamaan regresi *Truncated Spline* sebagai berikut :

$$\hat{y} = 189,5383 - 2,6721x + 2,3848(x - 66,93)_+ \tag{8}$$

C. Pemodelan Regresi Nonparametrik Menggunakan Regresi *Penalized Spline*

1. Pemilihan Titik Knot Optimal

Dalam pemodelan regresi nonparametrik menggunakan regresi *Penalized Spline*, titik knot yang optimal dapat dilihat dengan menggunakan nilai *generalized cross validation* (GCV) minimum. Nilai GCV yang minimum dari model regresi *P-spline* dengan orde 2 dan satu titik knot disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. GCV Optimum

Titik Knot	GCV	MSE
71,67	6,4947	5,2752

2. Model Persamaan Regresi Nonparametrik Menggunakan Regresi *Penalized Spline*

Setelah didapatkan titik knot optimal dari nilai GCV minimum, maka diperoleh model persamaan regresi *Penalized Spline* sebagai berikut :

$$\hat{y} = 462,9117 - 12,0428x + 0,0797x^2 - 0,0244(x - 71,67)^2 \tag{9}$$

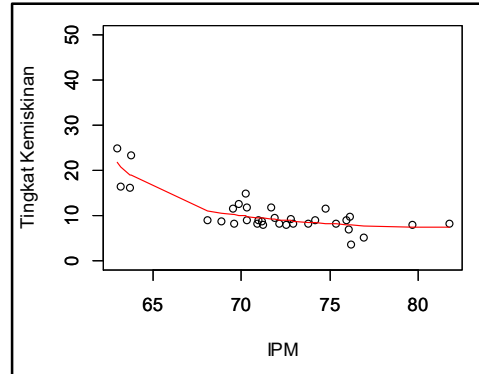
D. Perbandingan Model Regresi *Truncated Spline* dan Model *Penalized Spline*

Untuk memperoleh model yang terbaik maka dilakukan perbandingan antara model regresi *Truncated Spline* dan model regresi *P-Spline* dengan melihat nilai MSE yang paling kecil. Pemilihan model terbaik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pemilihan Metode Terbaik

Estimator	GCV	MSE
<i>Truncated Spline</i>	6,0543	5,004
<i>Penalized Spline</i>	6,4947	5,275

Berdasarkan Tabel 4. model regresi nonparametrik yang memiliki nilai MSE terkecil adalah model regresi nonparametrik dengan estimator regresi *Truncated Spline*. Maka dapat disimpulkan bahwa estimator yang lebih baik untuk memodelkan Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara Tahun 2022 adalah regresi nonparametrik menggunakan estimator *truncated spline*. Berikut merupakan kurva dari regresi nonparametrik menggunakan estimator *truncated spline*.



Gambar 2. Kurva Regresi Nonparametrik Estimator *Truncated Spline*

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa pada saat Indeks Pembangunan Manusia berada dibawah 70, tingkat kemiskinan cenderung menurun seiring dengan peningkatan Indeks Pembangunan Manusia. Saat Indeks Pembangunan Manusia sudah mencapai sekitar 70, terlihat bahwa peningkatan Indeks Pembangunan Manusia memiliki dampak yang semakin kecil terhadap penurunan tingkat kemiskinan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan dapat disimpulkan bahwa pemodelan Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara Tahun 2022 dapat dilakukan dengan analisis regresi nonparametrik dikarenakan sebaran data tidak membentuk pola linear tertentu. Pemodelan menggunakan regresi nonparametrik *Truncated Spline* terbaik berada pada orde 2 dengan satu titik knot yang terletak pada $X = 66,93$ dengan nilai GCV sebesar 6,0543. Sedangkan pemodelan menggunakan regresi nonparametrik *Penalized Spline*, titik knot optimal berada pada orde 2 dengan satu titik knot 71,67 dengan nilai GCV sebesar 6,4947. Hasil perbandingan antara model regresi *Truncated Spline* dan model regresi *P-Spline* dengan melihat nilai MSE yang paling kecil diperoleh hasil bahwa estimator yang lebih baik untuk memodelkan Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara Tahun 2022 adalah regresi nonparametrik menggunakan estimator *truncated spline*. Model persamaan regresi *truncated spline* pada Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara Tahun 2022 adalah $\hat{y} = 189,5383 - 2,6721x + 2,3848(x - 66,93)_+$

Untuk penelitian selanjutnya, dalam melakukan validasi model dengan *cross-validation* harus dipertimbangkan terlebih dahulu, mengeksplorasi variabel lain yang relevan, dan membandingkan hasil *spline* dengan metode lain seperti *Generalized Additive Models* (GAMs) atau teknik *machine learning*. Selain itu, analisis interaksi variabel atau efek spasial dapat memberikan wawasan lebih mendalam tentang pengaruh IPM terhadap kemiskinan. Integrasi pendekatan ini dapat memperkuat temuan dan meningkatkan keakuratan model.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS) diakses dari <http://www.sumut.bps.go.id/>, diakses pada tanggal 7 Februari 2023 pada jam 09.50 WIB.
- Badan Pusat Statistik. (2021). Indeks Pembangunan Manusia. BPS: Jakarta-Indonesia
- Eilers, P. H. C., & Marx, B. D. (1996). Flexible smoothing with B-splines and penalties. *Statistical Science*, 11(2), 89-121. <https://doi.org/10.1214/ss/1177010146>
- Eilers, P. H. C., & Marx, B. D. (2002). Generalized additive models. In *Statistical Modelling of Nonlinear Relationships* (pp. 161-186). Springer.
- Eubank, R. 1999. *Nonparametric Regression and Spline Smoothing 2nd Edition*. Marcel Dekker: New York.
- Kemenkeu. (2023, Januari 17). Retrieved from Peranan APBN Berhasil Menahan Kenaikan Angka Kemiskinan: <https://www.kemenkeu.go.id/informasi-publik/publikasi/berita-utama/APBN-Berhasil-Menahan-Kenaikan-Angka-Kemiskinan>
- Rasidin, K.S., & Bonar M. Sinaga. (2004). Dampak investasi sumber daya manusia terhadap pertumbuhan ekonomi dan kemiskinan di Indonesia”: pendekatan model Computable General Equilibrium, *Jurnal SOCA7* (2), 153-157

- Ruppert, D., Wand, M.P., and Carroll, R.J., 2003. *Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics: Semiparametric Regression*. New York: Cambridge University.
- Todaro, Michael, P. 2000. *Pembangunan Ekonomi di Dunia Ketiga*. Edisi Ketujuh diterjemahkan oleh Haris Munandar. Erlangga. Jakarta.
- Yusuf, S. A., & Rahman, A. B. (2018). *The impact of human development index on poverty reduction in developing countries*. *Journal of Economic Development*, 34(2), 120-135.