Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline Truncated Terhadap Prevalensi Stunting di Sumatera Utara

Surya Alenta Nababan[1], Susiana[2]
[1,2] Matematika, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, 20221, Indonesia
*Corresponding Author: alentanababab170320@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan prevalensi stunting di Provinsi Sumatera Utara dengan menggunakan regresi nonparametrik spline truncated guna menangkap hubungan nonlinier antara faktor-faktor sosial, kesehatan, dan pendidikan. Data yang digunakan merupakan data cross-section tahun 2023 pada 33 kabupaten/kota yang bersumber dari Badan Pusat Statistik dan Survei Kesehatan Indonesia. Pemilihan konfigurasi titik knot optimal dilakukan menggunakan Generalized Cross Validation (GCV), sedangkan estimasi parameter diperoleh melalui metode Ordinary Least Squares (OLS). Hasil analisis menunjukkan bahwa model spline truncated dengan tiga titik knot memberikan nilai GCV minimum sebesar 56,4289 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 94,36%, yang mengindikasikan kemampuan model yang sangat baik dalam menjelaskan variasi prevalensi stunting antar wilayah. Secara simultan, seluruh variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap prevalensi stunting. Secara parsial, akses sanitasi layak dan rata-rata lama sekolah menunjukkan pengaruh yang paling konsisten, baik pada komponen linier maupun spline, sementara variabel lainnya menunjukkan pola pengaruh nonlinier dengan perubahan slope pada titik-titik ambang tertentu. Temuan ini menegaskan bahwa hubungan antara faktor-faktor penentu stunting tidak bersifat linier sederhana, melainkan bergantung pada tingkat pencapaian tertentu dari masing-masing indikator. Secara metodologis, penelitian ini menunjukkan keunggulan regresi spline truncated dalam mengidentifikasi ambang kritis (threshold effects) yang sulit ditangkap oleh model regresi linier konvensional, serta secara substantif memberikan dasar berbasis bukti bagi perumusan kebijakan intervensi stunting yang lebih spesifik wilayah di Provinsi Sumatera Utara.
Kata kunci: stunting, regresi nonparametrik, spline truncated, generalized cross validation, Sumatera Utara.

Abstract

This study aims to model the prevalence of stunting in North Sumatra Province using truncated spline nonparametric regression in order to capture the nonlinear relationships between social, health, and educational factors. The data used are cross-sectional data for 2023 covering 33 districts/cities, obtained from Statistics Indonesia (BPS) and the Indonesian Health Survey. The optimal knot configuration was selected using Generalized Cross Validation (GCV), while parameter estimation was carried out using the Ordinary Least Squares (OLS) method. The results show that the truncated spline model with three knot points provides the minimum GCV value of 56.4289 and a coefficient of determination (R^2) of 94.36%, indicating a very strong model fit in explaining variations in stunting prevalence across regions. Simultaneously, all predictor variables have a significant effect on stunting prevalence. Partially, access to proper sanitation and average years of schooling exhibit the most consistent influence, both in linear and spline components, while other variables demonstrate nonlinear patterns characterized by changes in slope at specific threshold points. These findings confirm that the relationships between stunting determinants are not purely linear but depend on certain achievement levels of each indicator. Methodologically, this study highlights the advantage of truncated spline regression in identifying critical threshold effects that are difficult to capture using conventional linear regression models. Substantively, the results provide evidence-based insights to support the formulation of region-specific stunting intervention policies in North Sumatra Province.
Keywords: stunting, nonparametric regression, truncated spline, generalized cross validation, North Sumatra.

Citation: Nababan, S.A., & Susiana. (2025). Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline Truncated Terhadap Prevalensi Stunting di Sumatera Utara. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2025*. 164 - 171

PENDAHULUAN

Stunting merupakan salah satu permasalahan gizi kronis yang masih menjadi tantangan utama pembangunan kesehatan di Indonesia. Kondisi ini mencerminkan kegagalan pertumbuhan linear anak akibat kekurangan gizi yang berlangsung lama, terutama pada periode seribu hari pertama kehidupan. Dampak stunting tidak hanya bersifat jangka pendek, tetapi juga berimplikasi jangka panjang terhadap kualitas sumber daya manusia, termasuk kemampuan kognitif, produktivitas ekonomi, serta risiko penyakit degeneratif di usia dewasa. Oleh karena itu, penurunan prevalensi stunting menjadi target penting dalam Sustainable Development Goals (SDGs) serta Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional.

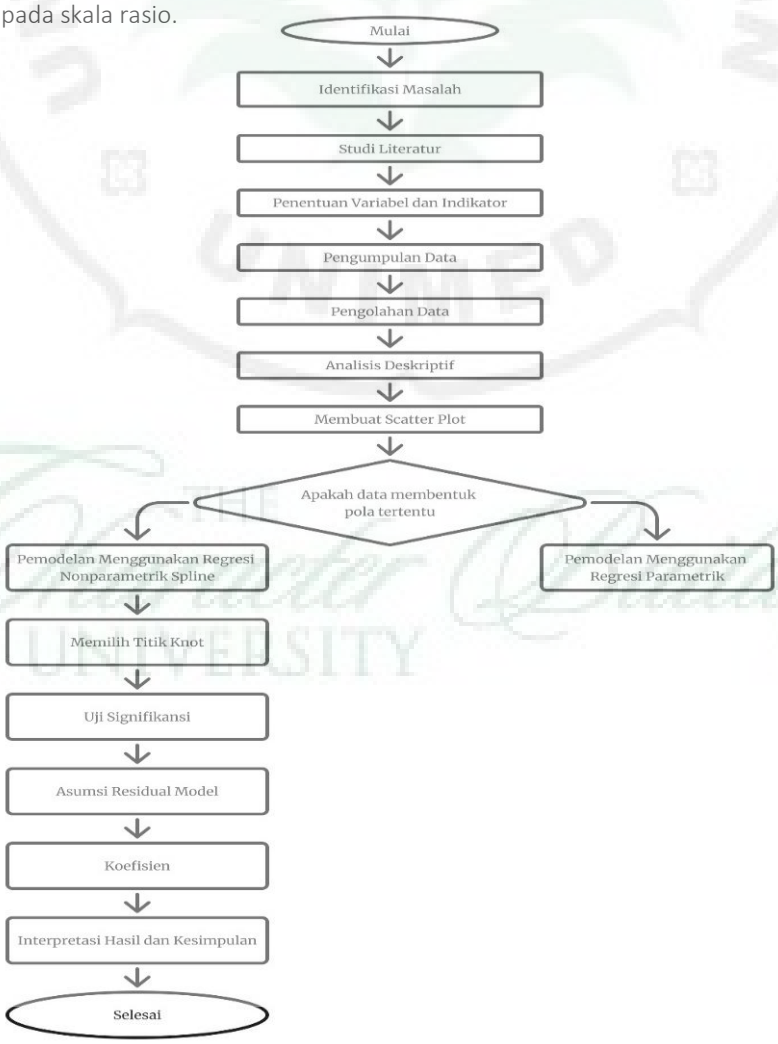
Di Provinsi Sumatera Utara, prevalensi stunting pada tahun 2023 masih berada di atas target nasional. Kondisi ini menunjukkan adanya ketimpangan pembangunan kesehatan antar wilayah, khususnya terkait akses sanitasi, air minum layak, pendidikan, dan kondisi sosial ekonomi. Berbagai studi sebelumnya menunjukkan bahwa faktor-faktor tersebut berperan penting dalam menentukan tingkat stunting. Namun, sebagian besar penelitian masih menggunakan pendekatan regresi parametrik linier yang mengasumsikan hubungan linier dan homogen antar variabel.

Pendekatan linier tersebut memiliki keterbatasan ketika hubungan antara variabel prediktor dan prevalensi stunting bersifat kompleks dan berubah pada tingkat tertentu. Misalnya, peningkatan akses sanitasi atau pendidikan tidak selalu memberikan dampak yang sama pada seluruh rentang nilai variabel, melainkan dapat menunjukkan efek ambang (threshold effect). Beberapa penelitian nonparametrik telah digunakan dalam konteks sosial ekonomi, tetapi kajian yang secara khusus memodelkan prevalensi stunting di Sumatera Utara dengan pendekatan regresi nonparametrik spline truncated masih sangat terbatas.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, diperlukan pendekatan yang lebih fleksibel untuk menangkap pola hubungan nonlinier antar variabel. Regresi nonparametrik spline truncated menawarkan fleksibilitas melalui pemodelan piecewise yang memungkinkan perubahan perilaku kurva pada titik-titik knot tertentu. Metode ini tidak memerlukan asumsi bentuk fungsi regresi di awal dan mampu mengidentifikasi perubahan slope yang relevan secara substantif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan prevalensi stunting di Provinsi Sumatera Utara menggunakan regresi nonparametrik spline truncated, sekaligus mengidentifikasi variabel-variabel dominan beserta pola pengaruh nonliniernya sebagai dasar perumusan kebijakan penanggulangan stunting yang lebih tepat sasaran.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data cross-section tahun 2023 yang mencakup seluruh 33 kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara dan Survei Kesehatan Indonesia. Seluruh unit wilayah dijadikan sampel penelitian karena tujuan utama analisis adalah memetakan pola hubungan antar variabel pada tingkat populasi wilayah, bukan untuk keperluan prediksi individual. Variabel respon dalam penelitian ini adalah prevalensi stunting, sedangkan variabel prediktor meliputi persentase rumah tangga dengan sanitasi layak, persentase rumah tangga dengan sumber air minum layak, persentase bayi yang memperoleh ASI eksklusif, persentase penduduk miskin, dan rata-rata lama sekolah. Seluruh variabel diukur pada skala rasio.



Gambar 1. *Flow Chart*

Pemodelan dilakukan menggunakan regresi nonparametrik spline truncated. Pemilihan jumlah dan lokasi titik knot optimal dilakukan dengan Generalized Cross Validation (GCV), yang berfungsi sebagai mekanisme validasi internal sehingga pembagian data menjadi training dan testing tidak diperlukan. Estimasi parameter dilakukan menggunakan metode Ordinary Least Squares (OLS). Signifikansi model dievaluasi melalui uji serentak (uji F) untuk menilai pengaruh keseluruhan basis fungsi spline, serta uji parsial (uji t) untuk menilai signifikansi masing-masing komponen linier dan spline. Evaluasi kelayakan model dilakukan melalui pengujian asumsi residual, meliputi uji homoskedastisitas dan uji independensi residual. Selain itu, kinerja model dinilai menggunakan koefisien determinasi (R^2) dan perbandingan nilai GCV antar konfigurasi titik knot. Interpretasi hasil difokuskan pada perubahan slope pada setiap interval knot sebagai representasi hubungan nonlinier antar variabel, bukan pada interpretasi kausal langsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

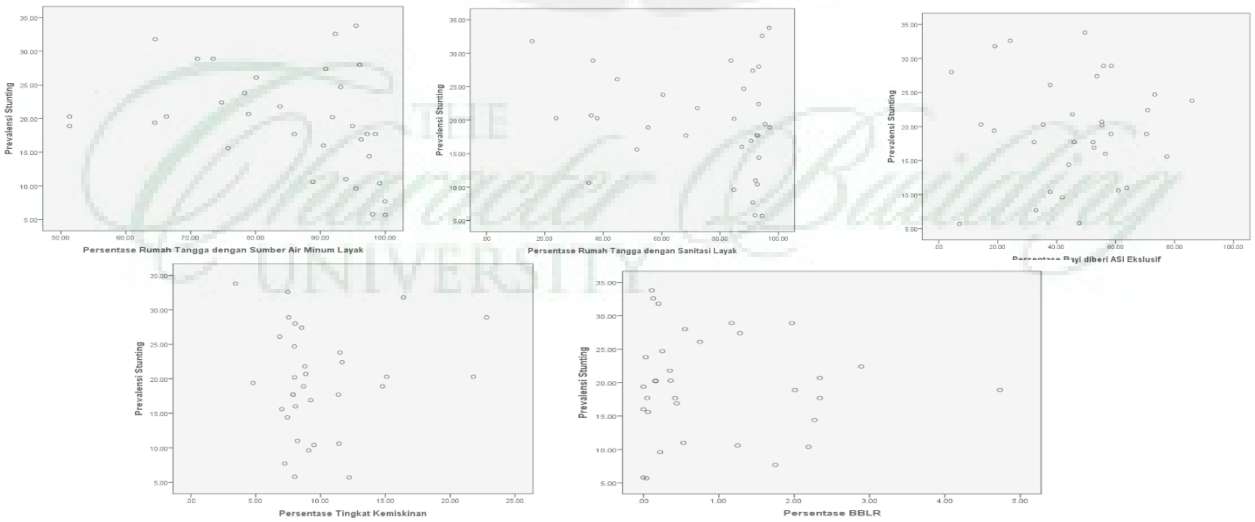
Analisis deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran umum mengenai karakteristik prevalensi stunting dan variabel-variabel prediktor pada 33 kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara. Prevalensi stunting menunjukkan variasi yang cukup besar antar wilayah, yang mencerminkan adanya ketimpangan kondisi sosial, kesehatan, dan pendidikan. Variasi ini mengindikasikan bahwa pendekatan pemodelan yang fleksibel diperlukan untuk menangkap pola hubungan yang tidak seragam antar wilayah.

Variabel akses sanitasi layak dan sumber air minum layak memiliki rentang nilai yang lebar, menandakan perbedaan tingkat pembangunan infrastruktur dasar antar kabupaten/kota. Demikian pula, rata-rata lama sekolah menunjukkan variasi yang mencerminkan ketimpangan kualitas sumber daya manusia. Kondisi ini secara konseptual mendukung dugaan awal bahwa pengaruh masing-masing variabel terhadap prevalensi stunting tidak bersifat linier dan dapat berubah pada tingkat tertentu.

Tabel 1. Analisis Deskriptif Variabel Respon dan Variabel Prediktor

Variabel	Minimum	Maksimum	Mean	Std. Deviasi
Y	5.70	33.80	19.5667	7.63412
X_1	51.33	100	85.1573	14.01132
X_2	15.36	96.99	74.5333	25.15406
X_3	3.44	22.81	9.9255	4.19192
X_4	4.28	85.90	46.67	19.95
X_5	6.14	11.62	9.38	1.34

Identifikasi pola hubungan antara variabel Prediktor dengan variabel respon bertujuan untuk mengetahui hubungan setaip variabel. Berikut pola hubungan setiap variabel dengan menggunakan *scatter plot*:



Gambar 2 Scatter Plot antara variabel respon dan variabel prediktor pada data Prevaensi *Stunting* di Sumatera Utara Tahun 2023

Analisis deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran umum mengenai karakteristik prevalensi stunting dan variabel-variabel prediktor pada 33 kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara. Prevalensi stunting menunjukkan variasi

yang cukup besar antar wilayah, yang mencerminkan adanya ketimpangan kondisi sosial, kesehatan, dan pendidikan. Variasi ini mengindikasikan bahwa pendekatan pemodelan yang fleksibel diperlukan untuk menangkap pola hubungan yang tidak seragam antar wilayah.

Pemilihan jumlah dan lokasi titik knot dilakukan menggunakan kriteria Generalized Cross Validation (GCV). Perbandingan nilai GCV untuk konfigurasi satu, dua, dan tiga titik knot menunjukkan bahwa model dengan tiga titik knot menghasilkan nilai GCV minimum. Hal ini menandakan bahwa penambahan fleksibilitas model melalui tiga titik knot mampu meningkatkan goodness-of-fit tanpa menyebabkan overfitting. Dengan demikian, model spline truncated tiga knot dipilih sebagai model terbaik untuk memodelkan prevalensi stunting di Provinsi Sumatera Utara.Pemilihan Titik Knot Optimum. Adapaun nilai GCV dari masing-masing pemilihan titik knot optimum adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai GCV Minimum dari Pemilihan Tiap Titik Knot

Pemilihan Titik Knot Optimal	Nilai GCV Minimum
1 Knot	91.932
2 Knot	73.850
3 Knot	56.4289

Estimasi parameter dilakukan pada model regresi nonparametrik spline truncated dengan tiga titik knot optimal yang telah dipilih berdasarkan nilai GCV minimum. Estimasi ini menghasilkan sejumlah parameter yang merepresentasikan komponen linier dan komponen spline (fungsi basis truncated) dari masing-masing variabel prediktor. Banyaknya parameter yang dihasilkan merupakan konsekuensi dari sifat fleksibel regresi spline truncated, yang memodelkan hubungan secara piecewise pada interval-interval tertentu. Perlu ditegaskan bahwa dalam konteks regresi spline truncated, interpretasi parameter tidak dilakukan secara individual berdasarkan nilai koefisien semata, melainkan berdasarkan kombinasi parameter pada setiap interval antar titik knot. Oleh karena itu, fokus analisis tidak diarahkan pada besaran numerik koefisien secara terpisah, tetapi pada perubahan arah dan kemiringan (slope) hubungan antara variabel prediktor dan prevalensi stunting pada masing-masing segmen. $\hat{\beta}_0$ = 211.548959; $\hat{\beta}_1$= -87.130452; $\hat{\beta}_2$ = -3.087840' $\hat{\beta}_3$= 9.971649; $\hat{\beta}_4$ = 0.291383; $\hat{\beta}_5$= 705.781270; $\hat{\beta}_6$ = 89.728888; $\hat{\beta}_7$ = -3.953211; $\hat{\beta}_8$ = -0.392299; $\hat{\beta}_9$ = 2.674140; $\hat{\beta}_{10}$ = 1.604405; $\hat{\beta}_{11}$ =-0.895042; $\hat{\beta}_{12}$= -12.021186; $\hat{\beta}_{13}$ = -9.736924; $\hat{\beta}_{14}$ = 20.860943; $\hat{\beta}_{15}$ = -0.354877; $\hat{\beta}_{16}$ = -0.506039; $\hat{\beta}_{17}$ = 1.764953; $\hat{\beta}_{18}$ = -732.944631; $\hat{\beta}_{19}$ = 42.515813; $\hat{\beta}_{20}$ = -30.289542.

Hasil estimasi menunjukkan bahwa keberadaan komponen spline pada seluruh variabel prediktor berkontribusi dalam meningkatkan fleksibilitas model. Hal ini mengindikasikan bahwa hubungan antara faktor-faktor penentu stunting dan prevalensi stunting tidak bersifat global linier, melainkan mengalami perubahan perilaku pada nilai-nilai tertentu yang direpresentasikan oleh titik knot. Dengan demikian, model spline truncated mampu menangkap variasi lokal yang tidak dapat dijelaskan oleh model regresi linier konvensional. Berikut merupakan hasil dari pengujian signifikansi parameter secara serentak.

Tabel 4. Hasil Uji Signifikansi Parameter secara Stimultan

Sumber Variasi	df	*Sum of Square (SS)*	Mean Square (MS)	F_{hitung}	P-value
Regresi	20	1759.939	87.99695	10.04864	0.0001028
Error	12	105.0852	8.757103		
Total	32	1865.024			

Berdasarkan hasil analisis regresi spline dengan tiga titik knot optimal diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 10.05 dengan p-value sebesar 0.0001028 (< 0.05). Hasil uji signifikansi parameter secara simultan (uji F) menunjukkan bahwa seluruh basis fungsi spline yang digunakan dalam model berpengaruh signifikan terhadap prevalensi stunting. Hal ini menegaskan bahwa model yang dibangun secara keseluruhan mampu menjelaskan variasi data secara bermakna. Selanjutnya, uji signifikansi parsial (uji t) menunjukkan bahwa tidak semua komponen linier dan spline signifikan secara individual. Berikut merupakan hasil pengujian signifikansi parameter secara parsial.

Tabel 5. Hasil Analisis Uji Signifikansi Parameter Secara Parsial

Variabel	Parameter	Estimasi	t_{hitung}	P-value	Ket
Intercept	$\hat{\beta}_0$	211.548959	6.334	3.75e-05	Signifikan
X_1	$\hat{\beta}_1$	-87.130452	-6.035	5.89e-05	Signifikan
	$\hat{\beta}_2$	-3.087840	-0.612	0.5518	Tidak signifikan

	$\hat{\beta}_3$	9.971649	0.896	0.3880	Tidak signifikan
	$\hat{\beta}_4$	0.291383	0.109	0.9147	Tidak signifikan
X_2	$\hat{\beta}_5$	705.781270	6.319	3.84e-05	Signifikan
	$\hat{\beta}_6$	89.728888	6.039	5.86e-05	Signifikan
	$\hat{\beta}_7$	-3.953211	-5.579	0.0001201	Signifikan
	$\hat{\beta}_8$	-0.392299	-0.799	0.4397	Tidak signifikan
X_3	$\hat{\beta}_9$	2.674140	0.519	0.6130	Tidak signifikan
	$\hat{\beta}_{10}$	1.604405	2.675	0.0202	Signifikan
	$\hat{\beta}_{11}$	-0.895042	-1.870	0.0860	Tidak signifikan
	$\hat{\beta}_{12}$	-12.021186	-1.056	0.3119	Tidak signifikan
X_4	$\hat{\beta}_{13}$	-9.736924	-1.656	0.1237	Tidak signifikan
	$\hat{\beta}_{14}$	20.860943	1.922	0.0786	Tidak signifikan
	$\hat{\beta}_{15}$	-0.354877	-0.130	0.8985	Tidak signifikan
	$\hat{\beta}_{16}$	-0.506039	-1.914	0.0798	Tidak signifikan
X_5	$\hat{\beta}_{17}$	1.764953	3.031	0.0104	Signifikan
	$\hat{\beta}_{18}$	-732.944631	-6.343	3.70e-05	Signifikan
	$\hat{\beta}_{19}$	42.515813	5.321	0.0001819	Signifikan
	$\hat{\beta}_{20}$	-30.289542	-6.096	5.37e-05	Signifikan

Pengujian secara parsial bertujuan untuk mengetahui variabel-variabel bebas yang berpengaruh secara signifikan terhadap model regresi. Berdasarkan hasil uji signifikansi parameter secara parsial, terlihat bahwa pada taraf signifikansi 5% variabel akses sanitasi layak dan rata-rata lama sekolah memiliki komponen yang signifikan secara konsisten, baik pada bagian linier maupun pada beberapa interval spline. Temuan ini menunjukkan bahwa kedua variabel tersebut merupakan faktor dominan dalam menjelaskan variasi prevalensi stunting. Sementara itu, variabel lain seperti akses air minum layak, tingkat kemiskinan, dan persentase bayi yang memperoleh ASI eksklusif menunjukkan pengaruh yang signifikan hanya pada interval tertentu, yang mengindikasikan adanya hubungan nonlinier yang bergantung pada tingkat pencapaian variabel tersebut.

Setelah mendapatkan model terbaik dari regresi spline, perlu dilakukan pengujian asumsi residual. Pengujian asumsi terhadap residual ini untuk memastikan model yang dihasilkan dari regresi nonparamterik layak digunakan atau tidak. Berikut merupakan hasil statistik Uji Glejser yang diasjikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Hasil Uji Glejser

Sumber	df	F_{hitung}	P-Value
Regresi	1	1.389	0.2475

Pada tabel hasi uji Glejser diatas didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 1.389. Dilihat dari nilai P-Value yaitu sebesar 0.2475, nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai $\alpha = 0.05$, sehingga keputusannya adalah gagal tolak H_0 artinya tidak terjadi heteroskedastisitas dalam model maka asumsi residual identik telah terpenuhi. Asumsi independen terpenuhi apabila tidak terdapat korelasi antar residual. Uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah Uji *Durbin-Watson*. Berikut merupakan hasil statistik Uji *Durbin-Watson* yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 7. Hasil Uji Durbin-Watson

d_{hitung}	$d_{L;0.05}$	$d_{U;0.05}$	$4 - d_{L;0.05}$	$4 - d_{U;0.05}$
2.232	0.9249	1.9018	3.0751	2.0982

Tabel diatas menunjukkan hasil uji *Durbin-Watson,* dapat dilihat nilai d_{hitung} yang dihasilkan dihasilkan adalah 2.323. dapat dilihat juga niali $d_{U;0.05}$ yang diperoleh adalah 1.9018 dan nilai $4 - d_{U;0.05}$ yang diperoleh adalah 2.0982. Analisis menunjukkan bahwa nilai $d_{hitung} > d_{U;0.05} < 4 - d_{U;0.05}$, sehingga keputusannya gagal tolak H_0 yang berarti tidak terjadi autokorelasi pada model. Dengan demikian dapat dianggap bahwa asumsi independen telah terpenuhi.

Berdasarkan hasil pemilihan titik knot optimum diperoleh model sebagai $\hat{y} = 211.548959 - 87.130452x_1 + 89.728888(x_1 - 52.34396)_+^1 - 3.953211(x_1 - 77.69292)_+^1 - 0.392299(x_1 - 88.84646)_+^1 - 3.087840x_2 + 2.674140(x_2 - 17.325)_+^1 + 1.604405(x_2 - 59.700)_+^1 - 0.895042(x_2 - 78.345)_+^1 + 9.971649x_3 - 12.021186(x_3 - 3.843542)_+^1 - 9.736924(x_3 - 13.932080)_+^1 + 20.860943(x_3 - 18.371040)_+^1 + 0.291383x_4 - 0.345877(x_4 - 5.980417)_+^1 - 0.506039(x_4 - 48.490930)_+^1 + 1.7644953(x_4 - 67.195420)_+^1 + 705.781270x_5 - 732.944631(x_5 - 6.254167)_+^1 + 42.515813(x_5 - 9.108333)_+^1 - 30.289542(x_5 - 10.374170)_+^1$. Hubungan antara

Prevalensi Stunting terhadap seluruh variabel prediktor di asumsikan apabila variabel prediktor adalah konstan atau tetap. Berikut interpretasi model untuk setiap variabel yang signifikan terhadap Prevalensi Stunting di Sumatera Utara. Dengan mengasumsikan variabel lain konstan, maka pengaruh persentase Sumber Air Minum Layak adalah sebagai berikut:

$$\hat{y} = -87.13x_1 + 89.72(x_1 - 52.34)_+^1 - 3.95(x_1 - 77.69)_+^1 - 0.39(x_1 - 88.84)_+^1 \quad (5)$$

$$\hat{y} = \begin{cases} -87.13x_1, & ; x_1 < 52.34 \\ 2.60x_1 - 4691, & ; 52.34 \le x_1 < 77.69 \\ -1.35x_1 - 4182, & ; 77.69 \le x_1 < 88.85 \\ -1.74x_1 - 4028, & ; x_1 \ge 88.85 \end{cases} \quad (6)$$

Model tersebut menjelaskan bahwa apabila x_1 kurang dari 52.34 dan terjadi satu-satuan maka prevalensi maka prevalensi stunting akan turun sebesar 87.13 satuan. Saat nilai x_1 berada pada 52.34 hingga 77.69, setiap kenaikan satu satuan x_1 akan menaikkan prevalensi stunting sebesar 2.60 satuan. Jika nilai x_1 berada pada 77.69 sampai 88.85, penambahan satu satuan x_1 akan menurunkan prevalensi stunting sekitar 1,35 satuan. Sedangkan ketika x_1 lebih dari 88.85, setiap kenaikan satu satuan x_1 akan menurunkan prevalensi stunting sebesar 1.74 satuan. Dengan mengasumsikan variabel lain konstan, maka pengaruh persentase Sanitasi Layak adalah sebagai berikut: $\hat{y} = -3.087840x_2 + 2.674140(x_2 - 17.325)_+^1 + 1.604405(x_2 - 59.700)_+^1 - 0.895042(x_2 - 78.345)_+^1$ dan

$$\hat{y} = \begin{cases} -3.09x_2, & ; x_2 < 17.33 \\ -0.42x_2 - 46.1, & ; 17.33 \le x_2 < 59.70 \\ 1{,}18x_2 - 167, & ; 59.70 \le x_2 < 78.35 \\ -1.74x_2 - 4028, & ; x_2 \ge 78.35 \end{cases} \quad (7)$$

Model tersebut menjelaskan bahwa apabila x_2 kurang dari 17.33, setiap kenaikan satu satuan x_2 akan menurunkan prevalensi stunting sebesar 3.09 satuan. Ketika x_2 berada pada 17.33 hingga 59.70, penambahan satu satuan akan menurunkan prevalensi stunting sekitar 0.42 satuan. Jika nilai x_2 berada pada 59.70 hingga 78.35, kenaikan satu satuan x_2 akan menaikkan prevalensi sebesar 1.18 satuan. Pada saat x_2 melebihi 78.35, setiap kenaikan satu satuam akan menaikkan prevalensi stunting sebesar 0.29 satuan. Dengan mengasumsikan variabel lain konstan, maka pengaruh Tingkat Kemiskinan adalah sebagai berikut:$\hat{y} = 9.971649x_3 - 12.021186(x_3 - 3.843542)_+^1 - 9.736924(x_3 - 13.932080)_+^1 + 20.860943(x_3 - 18.371040)_+^1$ dan

$$\hat{y} = \begin{cases} 9.97x_3, & ; x_3 < 3.84 \\ -2.05x_3 + 46.1, & ; 3.84 \le x_3 < 13.93 \\ -11.79x_3 + 184, & ; 13.93 \le x_3 < 18.37 \\ 9.07x_3 - 3, & ; x_3 > 18.37 \end{cases} \quad (8)$$

Model diatas menjelaskan bahwa apabila x_3 kurang dari 3.84, setiap kenaikan satu satuan x_3 akan menaikkan prevalensin stunting sebesar 9.97 satuan. Pada rentang 3.84 hingga 13.93, kenaikan satu satuan x_3 akan menurunkan prevalensi stunting sebesar 2.05 satuan. Jika x_3 berada pada 13.93 hingga 18.37, setiap kenaikan satu satuan akan menurunkan prevalensi stunting sebesar 11.79 satuan. Sedangkan ketika x_3 lebih besar dari 18.37, kenaikan satu satuan x_3 akan menaikkan prevalensi stunting sebesar 9.07 satuan. Dengan mengasumsikan variabel lain konstan, maka pengaruh Bayi diberi ASI Eksklusif adalah sebagai berikut: $\hat{y} = 0.291383x_4 - 0.345877(x_4 - 5.980417)_+^1 - 0.506039(x_4 - 48.490930)_+^1 + 1.7644953(x_4 - 67.195420)_+^1$ dan

$$\hat{y} = \begin{cases} 0.29x_4, & ; x_4 < 5.98 \\ -0.06x_4 + 2.1, & ; 5.98 \le x_4 < 48.49 \\ -0.57x_4 + 28.9, & ; 48.49 \le x_4 < 67.20 \\ 1.19x_4 - 50, & ; x_4 \ge 67.20 \end{cases} \quad (9)$$

Model diatas menjelaskan bahwa apabila x_4 kurang dari 5.98, penambahan satu satuan x_4 akan menaikkan prevalensi stunting sebesar 0.29 satuan. Jika x_4 berada pada 5.98 hingga 48.49, kenaikan satu satuan akan menurunkan prevalensi stunting sekitar 0.05 satuan. Jika x_4 berada pada 48.49 hingga 67.20, kenaikan satu satuan akan menurunkan prevalensi stunting sebesar 0.56 satuan. Apabila x_4 lebih dari 67.20, kenaikan satu satuan akan menaikkan prevalensi stunting sebesare 1.20 satuan. Dengan mengasumsikan variabel lain konstan, maka pengaruh Rata-rata Lama Sekolah adalah sebagai berikut: $\hat{y} = 705.781270x_5 - 732.944631(x_5 - 6.254167)_+^1 + 42.515813(x_5 - 9.108333)_+^1 - 30.289542(x_5 - 10.374170)_+^1$ dan

$$\hat{y} = \begin{cases} 705.78x_5, & ; x_5 < 6.25 \\ -27.16x_5 + 4570, & ; 6.25 \le x_5 < 9.11 \\ 15.36x_5 + 1250, & ; 9.11 \le x_5 < 10.37 \\ -14.93x_5 + 1560, & ; x_5 \ge 10.37 \end{cases} \quad (10)$$

Model tersebut menjelaskan bahwa apabila x_5 kurang dari 6.25, setiap penambahan satu satuan akan menaikkan prevalensi stunting sebesar 705.78 satuan. Ketika x_5 berada pada 6.25 hingga 9.11, kenaikan satu satuan akan menurunkan prevalensi stunting sebesar 27.16 satuan. Jika x_5 berada pada 9.11 hingga 10.37, setiap kenaikan satu satuan akan menaikkan prevalensi stunting sebesar 15.36 satuan. Sedangkan apabila x_5 lebih dari 10.37, kenaikan satu satuan akan menurunkan prevalensi stunting sebesar 14.39 satuan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa regresi nonparametrik spline truncated merupakan pendekatan yang efektif dalam memodelkan prevalensi stunting di Provinsi Sumatera Utara. Model terbaik diperoleh pada konfigurasi tiga titik knot dengan nilai GCV minimum dan R^2 yang tinggi, yang menandakan kecocokan model yang sangat baik. Hasil analisis menegaskan bahwa hubungan antara faktor-faktor penentu stunting bersifat nonlinier dan menunjukkan perubahan pengaruh pada tingkat-tingkat tertentu. Variabel sanitasi layak dan rata-rata lama sekolah muncul sebagai faktor yang paling konsisten memengaruhi prevalensi stunting, sementara variabel lainnya menunjukkan pola pengaruh yang bergantung pada ambang tertentu. Temuan ini menekankan pentingnya perumusan kebijakan yang tidak bersifat seragam, melainkan disesuaikan dengan karakteristik wilayah. Keterbatasan penelitian ini terletak pada penggunaan data cross-section satu tahun, sehingga tidak dapat menangkap dinamika temporal. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan data panel atau pendekatan spasial guna memperkaya analisis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Susiana, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan artikel ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada kedua orangtua tercinta, atas doa, kasih sayang, dan dukungan moral maupun materiil yang tiada henti diberikan hingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Aryani, D. N., Andarini, D., Idris, H., & Anggraeni, R. (2024). *Hubungan Status Stunting dengan Faktor Ekonomi : Literature Riview*. *3*(1), 45–52.

Azhar, Z. A., Handajani, S. S., & Slamet, I. (2024). Pemodelan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Pengangguran Terbuka (Tpt) Di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Regresi Spline Truncated Multivariabel. *Jurnal Sutasoma*, *2*(2), 66–73. https://doi.org/10.58878/sutasoma.v2i2.264

Budiantara, I. N. (2014). *Regresi Nonparametrik Spline Truncated: Teori dan Aplikasi*. Surabaya: ITS Press.

Candra MKes(Epid), D. A. (2020). Pencegahan dan Penanggulangan Stunting. In *Epidemiologi Stunting*.

Dwi Kiki Qori, A., Salimo, H., & Sri, M. (2022). The effect of the birth interval on the incidence of stunting in children under five years. *Sari Pediatri*, *23*(132), 306–312.

Dwi Putri, V., & Tiara Levia, A. (2022). Hubungan Berat Badan Lahir Terhadap Kejadian Stunting Pada Balita Usia 2-5 Tahun. *Cendekia Medika: Jurnal Stikes Al-Ma`arif Baturaja*, *7*(2), 147–151. https://doi.org/10.52235/cendekiamedika.v7i2.192

Firpha, R. M. P., & Achmad, A. I. (2022). Regresi Nonparametrik Spline Truncated untuk Pemodelan Persentase Penduduk Miskin di Jawa Barat Pada Tahun 2021. *Bandung Conference Series: Statistics*, *2*(2), 454–458. https://doi.org/10.29313/bcss.v2i2.4720

Härdle, W. (1990). *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge University Press

Indah Budiastutik, & Muhammad Zen Rahfiludin. (2019). Faktor Risiko Stunting pada anak di Negara Berkembang . *Amerta Nutrition*, *3*(3), 122–129. https://doi.org/10.2473/amnt.v3i3.2019.122-129

Nirmalasari, N. O. (2020). Stunting Pada Anak : Penyebab dan Faktor Risiko Stunting di Indonesia. *Qawwam: Journal For Gender Mainstreming*, *14*(1), 19–28. https://doi.org/10.20414/Qawwam.v14i1.2372

Novianti, S., & Padmawati, R. S. (2020). Hubungan Faktor Lingkungan Dan Perilaku Dengan Kejadian Stunting Pada Balita : Scoping Review. *Jurnal Kesehatan Komunitas Indonesia*, *16*(1), 153–164. https://doi.org/10.37058/jkki.v16i1.1786

Permanasari, Y., Saptarini, I., Amalia, N., Aditianti, A., Safitri, A., Nurhidayati, N., Sari, Y. D., Arfines, P. P., Irawan, I. R., Puspitasari, D. S., Syahrul, F., Setyawati, B., Rachmawati, R., Julianti, E. D., Rachmalina, R., Susilawati, A., Sihombing, N., & Kumlasari, S. D. (2021). Faktor Determinan Balita Stunting Pada Desa Lokus Dan Non Lokus Di 13 Kabupaten Lokus Stunting Di Indonesia Tahun 2019. *Penelitian Gizi Dan Makanan (The Journal of Nutrition and Food Research)*,

44(2), 79–92. https://doi.org/10.22435/pgm.v44i2.5665

Ramdhani, A., Handayani, H., & Setiawan, A. (2020). Hubungan Pengetahuan Ibu Dengan Kejadian Stunting. *Semnas Lppm*.

Sovia Madi, A., Babakal, A., Roida Simanjuntak, S., Program Studi Ilmu Keperawatan Fakultas Kedokteran, M., Sam Ratulangi, U., & Studi Ilmu Keperawatan Fakultas Kedokteran, P. (2023). Hubungan Pelayanan Antenatal Care Dengan Kejadian Stunting Pada Anak Usia 24-59 Bulan Di Puskesmas Kotabunan Kecamatan Kotabunan. *Mnsj*, *1*(2), 65–70.

Taji, I. K. M. S. (2023). Hubungan Sanitasi Lingkungan dengan Kejadian Stunting di Desa Ped Kabupaten Klungkung. *Skripsi*, 17–20.

Tarmizi, S. N. (2024). *Membentengi Anak Dari Stunting*. 20.

Wahba, G. (1990). *Spline Models for Observational Data*. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).

Zairinayati, Z., & Purnama, R. (2019). Hubungan Hygiene Dan Sanitasi Lingkungan Dengan Kejadian Stunting Pada Balita. *Babul Ilmi Jurnal Ilmiah Multi Science Kesehatan*, *10*(1).