



Model Regresi Nonparametrik Spline Truncated pada Angka Kematian Bayi di Provinsi Nusa Tenggara Timur

Miltiades Dewifortuna Pulo¹, Ni Luh Putu Suciptawati^{2*}, Made Susilawati³

¹⁻³ Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana, Indonesia

e-mail: dewiftrna123@gmail.com, suciptawati@unud.ac.id, mdsusilawati@unud.ac.id

*Penulis Korespondensi: suciptawati@unud.ac.id

Abstract: This study aims to model the Infant Mortality Rate (IMR) in East Nusa Tenggara Province using truncated spline nonparametric regression. In this study, IMR is associated with four predictor variables: the percentage of poor people, the percentage of pregnant women under 19 years of age, low birth weight, and life expectancy. These four variables have an unpatterned relationship, indicating the presence of a nonparametric component in the model. The truncated spline regression method was chosen because of its ability to handle nonlinear relationships between variables. The results showed that the best model was obtained using three knot points, which produced a coefficient of determination (R^2) of 97.47%. This indicates that the truncated spline regression model is able to explain 97.47% of the variation in IMR in East Nusa Tenggara Province. In addition, the four predictor variables have a significant influence on the model, making a significant contribution in explaining the factors that influence IMR in the region.

Keywords: East Nusa Tenggara; GCV; Infant Mortality Rate; Knot; Truncated Spline

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan Angka Kematian Bayi (AKB) di Provinsi Nusa Tenggara Timur menggunakan regresi nonparametrik spline truncated. Dalam penelitian ini, AKB dihubungkan dengan empat variabel prediktor, yaitu persentase penduduk miskin, persentase ibu hamil di bawah usia 19 tahun, berat badan lahir rendah, dan angka harapan hidup. Keempat variabel tersebut memiliki hubungan yang tidak berpolanya, yang menunjukkan adanya komponen nonparametrik dalam model. Metode regresi spline truncated dipilih karena kemampuannya untuk menangani hubungan yang tidak linier antara variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model terbaik diperoleh dengan menggunakan tiga titik knot, yang menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 97,47%. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi spline truncated mampu menjelaskan 97,47% variasi dalam AKB di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Selain itu, keempat variabel prediktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap model, memberikan kontribusi yang signifikan dalam menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi AKB di wilayah tersebut.

Kata Kunci: Angka Kematian Bayi; GCV; Knot; Nusa Tenggara Timur; Spline Truncated.

1. PENDAHULUAN

Salah satu parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kesehatan masyarakat suatu wilayah adalah Angka Kematian Bayi (AKB) atau *Infant Mortality Rate* (IMR) (Oktari et al, 2017). AKB merupakan perbandingan jumlah bayi berusia kurang dari satu tahun yang meninggal dengan 1000 kelahiran hidup yang terjadi pada tahun tertentu (BPS, 2010). Semakin tinggi AKB, mencerminkan adanya masalah kesehatan yang serius, serta menjadi tolok ukur keberhasilan program-program kesehatan dan pembangunan pada suatu daerah. AKB yang rendah mencerminkan kualitas kesehatan yang baik di suatu wilayah (Esmaeilzadeh et al, 2021). Menurunkan AKB juga menjadi prioritas Sustainable Development Goals (SDGs, terutama pada tujuan nomor tiga, yang menargetkan pola hidup yang sehat dan sejahtera, dengan mengurangi angka kematian neonatal hingga mencapai paling tidak 12 per 1000 kelahiran hidup dan angka kematian balita menjadi 25 per 1000 kelahiran hidup pada tahun 2030 (Bapenas, 2022).

Pada tahun 2022, AKB di Indonesia mencapai angka 16,9 per 1000 kelahiran hidup, turun sebesar 1,74% dari tahun sebelumnya yang sebanyak 17,2 per 1000 kelahiran hidup (BPS, 2023). Meskipun mengalami penurunan, AKB di Indonesia belum memenuhi target SDGs yang menargetkan setidaknya 12 per 1000 kelahiran hidup. Di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), yang didominasi oleh kondisi rural, masih menghadapi tantangan dalam bidang kesehatan, di mana pada tahun 2023, trend AKB di Provinsi NTT mengalami kenaikan dengan 935 kasus kematian bayi pada tahun 2021 dan kenaikan sebesar 426 kasus pada tahun 2022 dari 37.480 kelahiran. Ely dan Hoyert (2018) menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik antara area urban dan rural memberikan dampak signifikan terhadap AKB, di daerah rural akses terhadap fasilitas kesehatan seringkali terbatas, sehingga berpotensi memperburuk angka Kesehatan bayi di wilayah tersebut. Penelitian ini, didukung oleh studi dari Singh dan Kogan (2013), yang menemukan bahwa AKB lebih tinggi di daerah rural di beberapa negara berkembang, akibat terbatasnya layanan Kesehatan dasar dan rendahnya kualitas perawatan ibu dan anak. Di Indonesia, khususnya di Provinsi NTT, karakteristik rural yang dominan dapat memberikan dampak serupa terhadap indikator kesehatan seperti AKB. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui faktor-faktor yang berkontribusi terhadap tingginya AKB agar dapat merumuskan intervensi yang lebih efektif.

Untuk melihat faktor-faktor yang signifikan berpengaruh terhadap AKB pendekatan yang digunakan adalah regresi nonparametrik spline. Pendekatan spline adalah pendekatan yang diterapkan dalam regresi nonparametrik dengan tetap memperhitungkan kemulusan atau smoothing dari kurva (Budiantara, 2005). Model spline telah banyak digunakan dalam bidang kesehatan dan ilmu sosial, terutama untuk menggambarkan data yang memiliki ketidakaturan pada interval tertentu (Wahba, 1990). Dalam penelitian menggunakan pendekatan spline, terdapat basis fungsi yang sering digunakan yakni basis fungsi truncated. Truncated merupakan basis fungsi yang sering disebut sebagai fungsi potongan. Spline truncated dapat didefinisikan sebagai fungsi yang menyesuaikan fungsi polinomial ke dalam bentuk potongan-potongan polinomial. Spline truncated memiliki beberapa keunggulan di antaranya dapat mengatasi sifat data yang bervariasi pada interval-interval tertentu, memiliki interpretasi statistik yang mudah dipahami dan menampilkan visualisasi data yang sangat baik (Eubank, 1999). Pada fungsi spline, terdapat titik-titik penghubung yang disebut titik knot (Dooksum & Koo, 2000). Titik knot digunakan untuk membuat kurva regresi spline truncated yang mampu mengatasi variasi yang tajam dalam pola data. Dengan demikian, estimasi kurva yang dihasilkan menjadi relatif mulus dan akurat. Titik-titik knot yang terbaik dapat ditentukan dari nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) yang paling minimum (Craven & Wahba, 1979).

Berdasarkan uraian sebelumnya, peneliti ingin mengetahui model regresi nonparametrik spline truncated pada AKB di Provinsi NTT, Hal ini karena, dari pola hubungan antar data AKB dan faktor-faktor yang diduga memengaruhinya, tidak dapat diasumsikan memiliki pola tertentu, dan terjadi perubahan pola pada beberapa sub-interval. Penelitian ini menggunakan metode regresi nonparametrik spline truncated dengan orde linear sebagai pembatasannya. Penelitian ini dibatasi dengan menggunakan regresi nonparametrik spline truncated dengan orde linear.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Nusa Tenggara Timur tahun 2023. Variabel respon yaitu data AKB (Y) dan variabel prediktor yang terdiri dari Persentase Penduduk Miskin (X_1), Persentase Perempuan Hamil di bawah Usia 19 Tahun (X_2), Berat Badan Bayi Lahir Rendah (X_3), dan Angka Harapan Hidup (X_4).

Teknik analisis dalam penelitian ini menggunakan bantuan software R dan Minitab dengan tahapan analisis sebagai berikut:

- a. Melakukan analisis deskriptif terhadap variabel respon dan variabel prediktor untuk mengetahui karakteristik dari data.
- b. Membuat scatterplot atau diagram pencar antar variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor untuk mengidentifikasi komponen nonparametrik dari data.
- c. Melakukan pemodelan regresi nonparametrik spline truncated dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) Mengetahui model umum regresi nonparametrik spline truncated

Secara umum, model regresi spline truncated dengan orde p dapat dinyatakan sebagai berikut (Eubank, 1999):

$$y_i = \beta_0 + \sum_{t=1}^m \left(\sum_{j=1}^p \beta_{tj} x_{ti}^j + \sum_{k=1}^q \alpha_{tk} (x_{ti} - K_{tk})_+^j \right) + \varepsilon_i \quad (1)$$

Peubah x_{ti} merupakan variabel prediktor ke- t dalam amatan ke- i di mana $t = 1, 2, \dots, m$, j merupakan derajat polinomial di mana $j = 1, 2, \dots, p$, k merupakan titi knot di mana $k = 1, 2, \dots, q$. Fungsi potongan atau truncated dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$(x_{ti} - K_{tk})_+^j = \begin{cases} (x_{ti} - K_{tk})^j, & x_{ti} \geq K_{tk} \\ 0, & x_{ti} < K_{tk} \end{cases} \quad (2)$$

2) Melakukan estimasi parameter

Metode yang digunakan adalah Ordinary Least Square (OLS). OLS merupakan metode estimasi parameter dengan meminimumkan jumlah kuadrat residual dari persamaan residual yaitu:

$$\varepsilon = y - X\beta \quad (3)$$

Dengan meminimumkan nilai $\varepsilon'\varepsilon$ maka diperoleh estimasi parameter untuk $\hat{\beta}$ adalah sebagai berikut:

$$\hat{\beta} = X'y(X'X)^{-1} \quad (4)$$

Dan estimasi dari $\hat{y}$ adalah sebagai berikut:

$$\hat{y} = A(K)y \quad (5)$$

Di mana $A(K) = X(X'X)^{-1}X'$ dan $A(K)y$ merupakan matriks untuk menghitung nilai GCV pada pemilihan titik knot.

3) Melakukan pemilihan titik knot

Untuk memperoleh titik knot optimal dapat menggunakan metode GCV. Titik knot yang optimal dilihat dari nilai GCV yang paling minimum. Metode GCV dapat dinyatakan sebagai berikut (Eubank, 1999):

$$GCV(k) = \frac{MSE(k)}{(n^{-1}trace[I-A(K)])^2} \quad (6)$$

dengan

$$MSE(k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 \quad (7)$$

Di mana I merupakan matriks identitas, n merupakan jumlah amatan, k adalah titik knot yakni $k_1, k_2, \dots, k_n$ dan $A(k)$ merupakan hasil dari $X(X^T X)^{-1}X^T$. Adapun uji signifikansi model dilakukan secara individu dan secara serentak.

d. Melakukan pengujian parameter model secara serentak dan parsial, sebagai berikut:

1) Pengujian parameter model secara serentak

Hipotesis yang digunakan dalam uji ini adalah:

$$H_0 : \beta_{11} = \beta_{12} = \dots = \beta_{t(p+q)} = 0$$

$$H_1 : \exists \beta_{js} \neq 0; j = 1, 2, \dots, t; s = 1, 2, \dots, p + q$$

Nilai dari $t(p + q)$ adalah banyaknya parameter dalam regresi nonparametrik spline truncated tidak termasuk intercept, t merupakan jumlah variabel prediktor, p merupakan derajat polinomial dan q merupakan titik knot yang optimal.

Statistik uji (Gujarati, 2004):

$$F_{Hitung} = \frac{MSR}{MSE} \quad (8)$$

$$\text{Nilai dari } MSR = \frac{SSR}{df_{reg}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{m(p+q)} \text{ dan } MSE = \frac{SSE}{df_{error}} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{F_{n-m(p+q)-1}}$$

Kaidah keputusan: tolak H_0 apabila $F_{Hitung} > F_{n-(p+q)-1}$ atau $P_{value} < \alpha$ yang artinya model tersebut signifikan.

2) Pengujian parameter model secara parsial

Hipotesis yang digunakan dalam uji ini adalah:

$$H_0 : \beta_{tj} = 0$$

$$H_1 : \beta_{tj} \neq 0, t = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, p + q$$

m merupakan jumlah variabel prediktor, p merupakan derajat polinomial dan q merupakan titik knot yang optimal.

Statistik uji:

$$t_{Hitung} = \frac{\hat{\beta}_k}{\sqrt{\text{var}(\hat{\beta}_k)}} \quad (9)$$

Nilai dari $\text{var}(\hat{\beta}_k) = \text{diag}[(X^T X)^{-1} \hat{\sigma}^2]$ dan $\hat{\sigma}^2 = MSE$.

Kaidah Keputusan: tolak H_0 apabila $|t_{Hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-t(p+q)-1}$ atau $P_{value} < \alpha$ yang artinya parameter berpengaruh signifikan terhadap model.

e. Melakukan pengujian asumsi residual, residual yang dihasilkan harus memenuhi asumsi residual identik, independen dan berdistribusi normal (IIDN).

1) Uji Asumsi Identik

Uji asumsi identik dilakukan untuk menghindari terjadinya heteroskedastisitas. Uji ini menggunakan uji Glejser. Adapun hipotesis yang digunakan sebagai berikut:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$$

$$H_1 : \exists \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Statistik uji (Gujarati, 2004):

$$F_{Hitung} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (|\hat{\varepsilon}_i| - |\bar{\varepsilon}|)^2}{v-1}}{\frac{\sum_{i=1}^n (|\varepsilon_i| - |\hat{\varepsilon}_i|)^2}{(n-v)}} \quad (10)$$

Dengan keterangan v merupakan banyaknya parameter dalam uji glejser dan ε merupakan residual atau sisaan.

Kaidah keputusan: tolak H_0 apabila $F_{Hitung} > F_{\alpha; v(n-v-1)}$ atau $P_{value} < \alpha$ yang artinya terdapat heteroskedastisitas.

2) Uji Asumsi Independen

Uji asumsi residual independent adalah asumsi residual yang tidak memerlukan adanya korelasi antar residual. Uji ini menggunakan uji Durbin-Watson (DW Test). Adapun hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \rho_k = 0 \text{ (} \varepsilon \text{ bersifat independen)}$$

$$H_1 : \rho_k \neq 0 \text{ (} \varepsilon \text{ bersifat tidak independen)}$$

Statistik uji (Drapper & Smith, 1992):

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2} \quad (11)$$

Apabila $d < d_L$ atau $4 - d < d_L$ maka dapat disimpulkan bahwa terdapat autokorelasi dan residual bersifat independen tidak terpenuhi.

3) Uji Asumsi Berdistribusi Normal

Uji asumsi ini dapat dilakukan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hipotesis yang digunakan pada uji ini, adalah:

$$H_0 : F_n(\varepsilon) = F_0(\varepsilon) \text{ atau residual berdistribusi normal}$$

$$H_1 : F_n(\varepsilon) \neq F_0(\varepsilon) \text{ atau residual tidak berdistribusi normal}$$

Dengan keterangan $F_n(\varepsilon)$ merupakan fungsi distribusi kumulatif empiris dan $F_0(\varepsilon)$ merupakan fungsi distribusi kumulatif yang diuji.

Statisti uji (Suciptawati, 2009):

$$D = \text{maksimumm } F_0(\varepsilon) - S_N(\varepsilon) \quad (12)$$

Kaidah keputusan: tolak H_0 apabila $D > D_\alpha$ atau $P_{value} < \alpha$ yang artinya residual berdistribusi tidak normal.

f. Menghitung nilai koefisien determinasi dengan rumus sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Dengan keterangan SSR merupakan jumlah kuadrat regresi, SST merupakan jumlah kuadrat total dan SSE merupakan jumlah kuadrat galat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis deskriptif antara AKB dengan Persentase penduduk miskin, persentase perempuan hamil dibawah usia 19 tahun, berat badan bayi lahir rendah dan angka harapan hidup disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Deskriptif AKB dan variabel prediktor yang diduga berpengaruh.

Variabel	Min	Mean	Varian	Maks
Y	5,11	11,4195	24,593	22,98
X ₁	8,61	20,635	45,756	31,78
X ₂	7,07	15,2545	15,796	22,27
X ₃	6,13	16,3286	35,723	28,52
X ₄	61,06	66,8732	4,649	70,52

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata AKB di Provinsi NTT sebesar 11, 4195 yang artinya dari 1000 jumlah kelahiran, terdapat 11 jumlah kematian pada bayi. Hal ini berarti kasus AKB di Provinsi NTT sudah memenuhi target SDGs yang menargetkan setidaknya 12 per 1000 kelahiran hidup. Nilai varian data sebesar 24,593 menunjukkan bahwa pada tahun 2023, AKB di 22 kabupaten atau kota yang ada di Provinsi NTT cukup bervariasi dengan rentang nilai 5,11 sampai 22,98 per 1000 kelahiran hidup. Terdapat 11 kabupaten atau kota dengan AKB di atas rata-rata dan 11 lainnya di bawah rata-rata. Berdasarkan BPS Provinsi NTT, kasus AKB tertinggi pada tahun 2023 adalah Kabupaten Sumba Timur sebesar 22,98/1000 KH sedangkan terendah di Kota Kupang dengan jumlah kasus 5,11/1000 KH.

Sementara itu, dapat dilihat variabel X₁ yaitu Persentase Penduduk Miskin dengan rata-rata sebesar 20,6350 yang artinya dari 100 jumlah penduduk, terdapat 21 penduduk yang termasuk ke dalam golongan penduduk miskin atau pendapatan per kapitanya di bawah rata-rata. Nilai varian data sebesar 45,756 menunjukkan bahwa terdapat variasi yang cukup besar dalam persentase penduduk miskin yang tersebar di 22 kabupaten atau kota di Provinsi NTT pada tahun 2023 dengan rentang 8,61 persen sampai 31,78 persen. Terdapat 12 kabupaten atau kota dengan persentase penduduk miskin di atas rata-rata dan 10 lainnya di bawah rata-rata. Wilayah dengan persentase penduduk miskin tertinggi pada tahun 2023 adalah Kabupaten Sumba Tengah yaitu sebesar 31,78 persen sedangkan terendah di Kota Kupang yaitu sebesar 8,61 persen.

Ditemukan pula persentase wanita hamil dibawah usia 19 tahun sebesar 15,2545%, terdapat 15 perempuan hamil yang usianya masih di bawah 19 tahun dari 100 jumlah perempuan hamil. Nilai varian data sebesar 15,796 menunjukkan bahwa persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun cukup beragam di setiap kabupaten atau kota dengan rentang 7,07 persen sampai 22,27 persen. Terdapat 11 kabupaten atau kota dengan persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun di atas rata-rata dan 11 lainnya di bawah rata-rata. Wilayah dengan kasus persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun tertinggi adalah Kabupaten Manggarai yaitu sebesar 22,7 persen dan terendah di kabupaten Ngada yaitu sebesar 7,07 persen.

Dari Tabel 1 juga diperoleh informasi bahwa dari 100 jumlah kelahiran, rata-rata terdapat 16 bayi yang memiliki berat badan di bawah 2500 gram. Nilai varian data pada angka BBLR menunjukkan bahwa angka BBLR di Provinsi NTT cukup beragam di setiap kabupaten atau kota dengan rentang nilai 6,13 sampai 28,52 persen. Terdapat 11 kabupaten/kota dengan angka BBLR di atas rata-rata dan 11 lainnya di bawah rata-rata. Wilayah dengan angka BBLR tertinggi pada tahun 2023 adalah Kabupaten Rote Ndao yaitu sebesar 28,52 persen sedangkan terendah adalah Kabupaten Manggarai Timur dengan BBLR sebesar 6,13 persen.

Angka Harapan Hidup (AHH) di Provinsi NTT pada tahun 2023 dapat dikatakan cukup baik dilihat dari rata-rata usia harapan hidup adalah sekitar 67 tahun. AHH ini terbilang cukup konsisten dan tidak terlalu beragam di setiap kabupaten atau kota di Provinsi NTT dengan rentang usia 61 sampai 71 tahun. Hal ini dilihat dari nilai varian data yaitu 4,649. Terdapat 14 kabupaten atau kota dengan AHH diatas rata-rata dan 8 lainnya di bawah rata-rata. Wilayah dengan AHH tertinggi pada tahun 2023 adalah Kota Kupang yaitu 70,52 sedangkan terendah di Kabupaten Sabu Raijua yaitu 61,06.

Langkah selanjutnya menentukan titik knot optimal berdasarkan nilai GCV yang diperoleh. Titik knot yang dicoba adalah 1 titik knot, 2 titik knot dan 3 titik knot, dan gabungan titik knot. Hasil nilai GCV untuk masing-masing titik knot disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan nilai GCV dari masing-masing knot optimal.

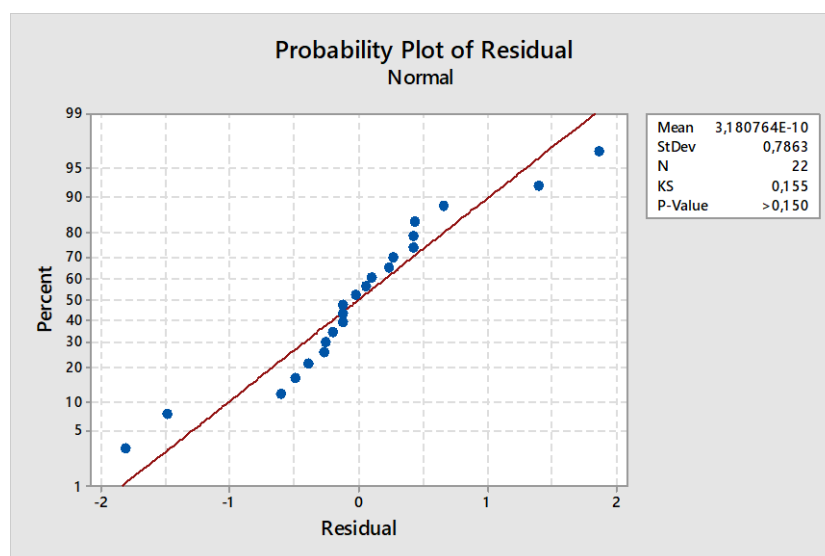
Jumlah Knot	Knot				GCV
	x_1	x_2	x_3	x_4	
1 Knot	9,003	7,328	6,509	61,220	296,404
2 Knot	8,61	7,07	6,13	61,06	25,539
	31,78	22,27	28,52	70,52	
	16,649	12,343	13,898	64,342	
3 Knot	21,85	15,756	18,924	66,466	11,433
	23,269	16,996	20,295	67,045	
	8,61	12,343	13,898	61,220	
Komb Knot	31,78	15,756	18,924		19,977
(2331)		16,996	20,295		

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh nilai GCV paling minimum adalah dengan tiga titik knot. Sehingga, didapatkan model terbaik dari regresi nonparametrik spline truncated menggunakan tiga titik knot. Dengan demikian, didapatkan estimasi parameter model terbaik dengan tiga titik knot adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{y} = & 1397,742 + 0,931x_1 - 1,92x_1(x_1 - 16,649)_+ - 9,319x_1(x_1 - 21,850)_+ \\ & + 14,410x_1(x_1 - 23,269)_+ - 5,680x_2 + 17,46x_2(x_2 - 12,343)_+ \\ & - 23,987x_2(x_2 - 15,756)_+ + 11,246x_2(x_2 - 16,996)_+ - 1,884x_3 \\ & + 3,184x_3(x_3 - 13,898)_+ - 1,492x_3(x_3 - 18,924)_+ \\ & - 0,843x_3(x_3 - 20,295)_+ - 21,374x_4 + 54,809x_4(x_4 - 64,342)_+ \\ & - 83,392x_4(x_4 - 66,466)_+ + 49,353x_4(x_4 - 67,045)_+\end{aligned}$$

Berikutnya, dilakukan uji parameter model dan uji asumsi residual dengan bantuan software SPSS. Uji parameter model secara serentak didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 12,11646 lebih besar dari nilai $F_{0,05;16;5}$ yaitu 2,85 dan diperoleh $P - value = 0,00597 < 0,05$ sehingga H_0 ditolak yang artinya minimal terdapat satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap model. Selanjutnya, hasil pengujian parameter model secara parsial didapatkan terdapat salah satu nilai dari t-hitung lebih besar dari $t_{0,025;16}$ yaitu 2,12 dan nilai $P-value$ pada parameter memiliki nilai kurang dari taraf signifikansi yaitu 0,05, sehingga keputusannya tolak H_0 . Dapat disimpulkan bahwa semua variabel prediktor pada model regresi nonparametric spline truncated berpengaruh signifikan terhadap AKB di Provinsi NTT.

Hasil pengujian asumsi identik, diperoleh nilai F-hitung sebesar 0,7622947 lebih kecil dari $F_{0,05;16;5}$ sebesar 2,85 dan $P - value < 0,05$ sehingga gagal tolak H_0 yang berarti varians antar residual bernilai sama atau dengan kata lain tidak terjadi kasus heteroskedastisitas yang berarti asumsi identik sudah terpenuhi. Kemudian, dilakukan uji autokorelasi dengan uji Durbin-Watson diperoleh nilai d sebesar 2,059 dan nilai d_L pada taraf 2α sebesar 0,96. Hal ini berarti, nilai $d > d_L$ sehingga gagal tolak H_0 dan dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat autokorelasi antar residual.



Gambar 1. Plot Uji Normalitas Residual.

Berdasarkan Gambar 1, diperoleh nilai D yaitu sebesar 0,155 lebih kecil dari nilai D_α yaitu 0,254 dan juga diperoleh nilai $P - value > 0,05$ sehingga residual yang dihasilkan dari model berdistribusi normal.

Nilai koefisien determinasi yang dihasilkan dari model terbaik dari tiga titik knot dengan nilai GCV sebesar 11,427 dan koefisien determinasi sebesar 97,47 persen. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi nonparametrik spline truncated dengan variabel Persentase Penduduk Miskin, Persentase Perempuan Hamil di Bawah Usia 19 Tahun, BBLR dan AHH mampu menjelaskan keragaman AKB di Provinsi NTT sebesar 97,49 persen sedangkan sisanya yaitu sebesar 2,51 persen dijelaskan oleh variabel lain yang tidak terdapat dalam model.

Berikut merupakan interpretasi dari masing-masing variabel prediktor dalam model regresi nonparametrik spline truncated orde linear diuraikan sebagai berikut:

- a. Jika variabel selain x_1 dianggap konstan, maka pengaruh Persentase Penduduk Miskin terhadap AKB di Provinsi NTT sebagai berikut:

$$\hat{y} = 0,931x_1 - 1,920x_1(x_1 - 16,649)_+^1 - 9,319x_1(x_1 - 21,850)_+^1 + 14,410x_1(x_1 - 23,269)_+^1$$

$$= \begin{cases} 0,931x_1 & ; & x_1 < 16,649 \\ -0,989x_1 + 31,966 & ; & 16,649 \leq x_1 < 21,850 \\ -10,308x_1 + 203,620 & ; & 21,850 \leq x_1 < 23,269 \\ 4,102x_1 - 335,306 & ; & x_1 \geq 23,269 \end{cases}$$

Jika persentase penduduk miskin di suatu kabupaten atau kota di Provinsi NTT kurang dari 16,649 persen, dan apabila terjadi kenaikan persentase penduduk miskin setiap 1% maka AKB akan meningkat sebesar 0,931 persen. Wilayah yang termasuk dalam interval ini antara lain, Kabupaten Belu, Flores Timur, Sikka, Ngada, Nagekeo, Malaka serta Kota Kupang. Jika persentase penduduk miskin berada antara 16,649 persen hingga 21,850 persen, dan apabila terjadi kenaikan persentase penduduk miskin setiap 1% maka AKB akan menurun sebesar 0,989 persen. Wilayah yang termasuk dalam interval ini antara lain, Kabupaten Kupang, Alor, Manggarai dan Manggarai Barat.

Selanjutnya, jika persentase penduduk miskin berada antara 21,850 persen hingga 23,269 persen, dan apabila terjadi kenaikan persentase penduduk miskin setiap satu 1% AKB akan cenderung menurun sebesar 10,308 persen. Wilayah yang termasuk dalam interval ini antara lain, Kabupaten Timor Tengah Utara dan Ende. Jika persentase penduduk miskin lebih dari 23,269 persen dan apabila terjadi kenaikan persentase penduduk miskin

setiap 1% maka AKB akan cenderung meningkat sebesar 4,102 persen. Wilayah yang termasuk dalam kondisi ini antara lain, Kabupaten Sumba Barat, Sumba Timur, Timor Tengah Selatan, Lembata, Rote Ndao, Sumba Tengah, Sumba Barat Daya, Manggarai Timur dan Sabu Raijua.

Berdasarkan interpretasi pada model 1, secara umum jika persentase penduduk miskin naik, maka AKB juga akan meningkat. Namun, ada beberapa wilayah yang tidak mengikuti pola tersebut karena adanya faktor lain yang lebih dominan, seperti pada wilayah interval 2 dan 3. Artinya, faktor-faktor tersebut mengurangi atau mengubah pengaruh langsung dari peningkatan kemiskinan terhadap AKB.

- b. Jika variabel selain x_2 dianggap konstan, maka pengaruh persentase perempuan hamil dibawah usia 19 tahun sebagai berikut:

$$\hat{y} = -5,680x_2 + 17,460x_2(x_2 - 12,343)_+^1 - 23,987x_2(x_2 - 15,756)_+^1 + 11,246x_2(x_2 - 16,996)_+^1$$

$$= \begin{cases} -5,680x_2 & ; & x_2 < 12,343 \\ 11,780x_2 - 215,509 & ; & 12,343 \leq x_2 \leq 15,756 \\ -12,207x_2 + 377,939 & ; & 15,756 \leq x_2 \leq 16,996 \\ -0,961x_2 - 191,137 & ; & x_2 \geq 16,996 \end{cases}$$

Pada kondisi persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun di suatu kabupaten atau kota di Provinsi NTT kurang dari 12,343 persen, dan apabila terjadi kenaikan persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun setiap 1% maka AKB akan cenderung menurun sebesar 5,680 persen. Wilayah yang termasuk dalam kondisi ini antara lain, Kabupaten Flores Timur, Ende, Ngada, Nagekeo dan Sabu Raijua. Jika persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun antara 12,342 persen hingga 15,756 persen, dan apabila terjadi kenaikan persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun setiap 1% maka AKB akan cenderung meningkat sebesar 11,780 persen. Wilayah yang termasuk dalam kondisi ini antara lain, Kabupaten Sumba Barat, Kupang, Lembata, Sikka, Sumba Tengah, Sumba Barat Daya dan Malaka.

Pada kondisi berikutnya, jika persentase perempuan hamil di Bawah Usia 19 tahun antara 15,756 persen hingga 16,966 persen, dan apabila terjadi kenaikan persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun setiap 1% maka AKB akan cenderung menurun sebesar 12,207 persen. Wilayah yang termasuk dalam kondisi ini antara lain, Kabupaten Rote Ndao dan Kota Kupang. Jika persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun lebih dari 16,966 persen dan apabila terjadi kenaikan persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun setiap 1% maka AKB akan cenderung menurun sebesar 0,961 persen. Wilayah yang

termasuk dalam interval ini antara lain, Kabupaten Sumba Timur, Timor Tengah Selatan, Timor Tengah Utara, Belu, Alor, Manggarai, Manggarai Barat dan Manggarai Timur.

Berdasarkan interpretasi Model 2, secara umum peningkatan persentase perempuan hamil di bawah usia 19 tahun secara signifikan berhubungan dengan meningkatnya AKB di wilayah interval 2. Sebaliknya, di wilayah-wilayah pada interval 1, 3, dan 4, cenderung didominasi oleh faktor lain.

- c. Jika variabel selain x_3 dianggap konstan, maka pengaruh BBLR terhadap AKB di Provinsi NTT sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{y} &= -1,884x_3 + 3,184x_3(x_3 - 13,898)_+^1 - 1,492x_3(x_3 - 18,924)_+^1 \\ &\quad - 0,843x_3(x_3 - 20,295)_+^1 \\ &= \begin{cases} -1,884x_3 & ; & x_3 < 13,898 \\ 1,300x_3 - 44,251 & ; & 13,898 \leq x_3 \leq 18,924 \\ -0,192x_3 + 28,235 & ; & 18,924 \leq x_3 \leq 20,295 \\ -1,035x_3 + 17,109 & ; & x_3 \geq 20,295 \end{cases} \end{aligned}$$

Pada kondisi BBLR di suatu kabupaten atau kota di Provinsi NTT kurang dari 13,898 persen, jika angka BBLR naik 1%, maka AKB akan turun sekitar 1,884 persen. Wilayah yang masuk dalam kondisi ini antara lain Kabupaten Sumba Barat, Timor Tengah Utara, Lembata, Sikka, Manggarai, Sumba Barat Daya, Nagekeo, Manggarai Timur, dan Sabu Raijua. Jika BBLR berada antara 13,898 persen hingga 18,924 persen, dan angka BBLR naik 1%, maka AKB akan naik sekitar 1,3 persen. Wilayah yang termasuk dalam interval ini antara lain Kabupaten Timor Tengah Selatan, Belu, Ngada, dan Kota Kupang..

Berikutnya, kondisi BBLR antara 18,924 persen hingga 20,295 persen dan apabila terjadi kenaikan angka BBLR setiap 1% maka AKB akan cenderung menurun sebesar 0,192 persen. Wilayah yang termasuk dalam interval ini antara lain, Kabupaten Sumba Timur dan Ende. Jika BBLR lebih dari 20,295 persen dan apabila terjadi kenaikan angka BBLR setiap 1% maka AKB akan cenderung menurun sebesar 1,035 persen. Wilayah yang termasuk dalam interval ini antara lain, Kabupaten Kupang, Alor, Flores Timur, Rote Ndao, Manggarai Barat, Sumba Tengah dan Malaka.

Berdasarkan interpretasi pada model 3, AKB pada wilayah interval 1, 3 dan 4 ada kecenderungan didominasi oleh faktor lain seperti kondisi sosial-ekonomi, akses yang lebih baik terhadap fasilitas kesehatan, dan tingkat pendidikan yang lebih tinggi. Faktor-faktor tersebut memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap risiko kesehatan ibu dan bayi, sehingga AKB tidak secara langsung terpengaruh oleh tingginya kehamilan remaja,

sebagaimana yang terjadi di wilayah interval 2 (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2018).

- d. Jika variabel selain x_4 dianggap konstan, maka pengaruh angka harapan hidup terhadap AKB di Provinsi NTT sebagai berikut:

$$\hat{y} = -21,372x_4 + 54,809x_4(x_4 - 64,342)_+^1 - 83,392x_4(x_4 - 66,466)_+^1 + 49,353x_4(x_4 - 67,045)_+^1$$

$$= \begin{cases} -21,372x_4 & ; & x_4 < 64,342 \\ 33,437x_4 - 3526,521 & ; & 64,342 \leq x_4 \leq 66,466 \\ -49,955x_4 + 5542,733 & ; & 66,466 \leq x_4 \leq 67,045 \\ -0,602x_4 - 3308,872 & ; & x_4 \geq 67,045 \end{cases}$$

Pada kondisi AHH di suatu kabupaten atau kota di Provinsi NTT kurang dari 64,342 persen, dan apabila terjadi kenaikan AHH setiap 1% maka AKB akan cenderung menurun sebesar 21,372 persen. Wilayah yang termasuk dalam kondisi ini antara lain, Kabupaten Alor dan Sabu Raijua. Jika AHH berada antara interval 64,342 hingga 66,466 dan apabila terjadi kenaikan AHH setiap 1% maka AKB akan cenderung meningkat sebesar 33,437 persen. Wilayah yang termasuk dalam interval ini antara lain, Kabupaten Sumba Timur, Kupang, Belu, Flores Timur, Ende, Rote Ndao dan Malaka.

Pada kondisi berikutnya, jika AHH berada antara interval 66,466 hingga 67,045 dan setiap kenaikan 1% AHH, maka AKB cenderung turun sebesar 49,955 persen. Daerah yang termasuk dalam interval ini adalah Kabupaten Timor Tengah Selatan. Selanjutnya jika AHH melebihi 67,045 dan mengalami kenaikan setiap 1%, maka AKB cenderung turun sebesar 0,602 persen. Daerah yang termasuk dalam rentang ini antara lain Kabupaten Timor Tengah Utara, Lembata, Sikka, Ngada, Manggarai Barat, Sumba Tengah, Sumba Barat Daya, Nagekeo, Manggarai Timur, dan Kota Kupang. Berdasarkan interpretasi pada model 1, secara umum apabila terjadi kenaikan angka harapan hidup di suatu wilayah, maka AKB akan cenderung semakin menurun. Sementara itu, di wilayah interval 2, terdapat faktor-faktor lain yang mendominasi AKB

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa model terbaik yang diperoleh menggunakan regresi nonparametrik spline truncated adalah menggunakan tiga titik knot yakni sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{y} = & 1397,742 + 0,931x_1 - 1,92x_1(x_1 - 16,649)_+ - 9,319x_1(x_1 - 21,850)_+ \\ & + 14,410x_1(x_1 - 23,269)_+ - 5,680x_2 + 17,46x_2(x_2 - 12,343)_+ \\ & - 23,987x_2(x_2 - 15,756)_+ + 11,246x_2(x_2 - 16,996)_+ - 1,884x_3 \\ & + 3,184x_3(x_3 - 13,898)_+ - 1,492x_3(x_3 - 18,924)_+ \\ & - 0,843x_3(x_3 - 20,295)_+ - 21,374x_4 + 54,809x_4(x_4 - 64,342)_+ \\ & - 83,392x_4(x_4 - 66,466)_+ + 49,353x_4(x_4 - 67,045)_+\end{aligned}$$

dengan koefisien determinasi sebesar 97,47% dan semua variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap model AKB di Provinsi NTT. Pada penelitian ini, hanya menggunakan regresi nonparametrik spline truncated dengan orde linear, diharapkan pada penelitian selanjutnya, perlu meningkatkan jumlah data sehingga bisa dilakukan pengembangan menggunakan orde kuadratik maupun orde kubik.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. (2018). *Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional. (2022). *Tujuan Pembangunan Berkelanjutan*. <https://sdgs.bappenas.go.id>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur. (2023). *Penduduk Provinsi Nusa Tenggara Timur Hasil Long Form Sensus Penduduk 2020*. <https://ntt.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik. (2010). *Sensus Penduduk 2010*. Metadata Statistik. <https://sensus.bps.go.id>
- Budiantara. (2005). Model keluarga spline polinomial truncated dalam regresi semiparametrik. *Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 15(3).
- Craven, P., & Wahba, G. (1979). Smoothing noisy data with spline functions. *Numerische Mathematik*, 31(4), 377–403.
- Doksum, K., & Koo, J-Y. (2000). On spline estimators and prediction intervals in nonparametric regression. *Computational Statistics & Data Analysis*, 35(1), 67–82. [https://doi.org/10.1016/s0167-9473\(99\)00116-4](https://doi.org/10.1016/s0167-9473(99)00116-4)
- Draper, N. R., & Smith, H. (1992). *Applied regression analysis* (2nd ed.) (B. Sumantri, Trans.). PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ely, D. M., & Hoyert, D. L. (2018). Differences between rural and urban areas in mortality rates for the leading causes of infant death: United States, 2013–2015. *NCHS Data Brief*, (300), 1–8.

- Esmaeilzadeh, F., Alimohamadi, Y., & Sepandi, M. (2021). The comparing of infant mortality rate in different World Health Organization regions during 1990–2017. *Egypt Pediatric Association Gazette*, 69(1). <https://doi.org/10.1186/s43054-020-00048-6>
- Eubank, R. (1999). *Nonparametric regression and spline smoothing*. New York: Marcel Dekker.
- Gujarati, D. (2004). *Basic econometrics* (4th ed.). New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Oktari, W., Yozza, H., & Yanuar, F. (2017). Pemodelan jumlah kematian bayi di Kota Padang tahun 2013 dan 2014 dengan pendekatan regresi binomial negatif. *Jurnal Matematika Unand*, 6(1), 74–82. <https://doi.org/10.25077/jmu.6.1.74-82>
- Singh, G. K., & Kogan, M. D. (2007). Persistent socioeconomic disparities in infant, neonatal, and postneonatal mortality rates in the United States, 1969–2001. *Pediatrics*, 119(4), e928–e939.
- Suciptawati, N. L. P. (2009). *Metode statistika nonparametrik*. Udayana University Press.
- Wahba, G. (1990). *Spline models for observational data*. SIAM.