

## PEMODELAN KASUS GIZI BURUK PADA BALITA DI PROVINSI BALI TAHUN 2018 MENGGUNAKAN REGRESI SPLINE

Nyoman Krishna Pratiwi Dangin<sup>1§</sup>, I Gusti Ayu Made Srinadi<sup>2</sup>, I Wayan Sumarjaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prodi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: [krisnnapratiwi1399@gmail.com](mailto:krisnnapratiwi1399@gmail.com)]

<sup>2</sup> Prodi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: [srinadi@unud.ac.id](mailto:srinadi@unud.ac.id)]

<sup>3</sup> Prodi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: [sumarjaya@unud.ac.id](mailto:sumarjaya@unud.ac.id)]

<sup>§</sup>Corresponding Author

### ABSTRACT

*Malnutrition associated with an unusual condition of the patient's nutritional status because the body weight index and age are not suitable, where body weight should be positively correlated with age. According to data from the Bali Health Department, malnutrition cases found in 2016 is 3,4% while in 2017 it founded 3,8%. This research uses spline regression with malnutrition cases of children under 5 years old in Bali Province. To compare basis truncated spline and B-Spline, this study using the minimum value of Generalized Cross Validation (GCV) and Mean Square Error (MSE) of each basis. B-Spline quadratic model with four knots is the best model.*

**Keywords:** *Malnutrition, Generalized Cross Validation (GCV), Knots, Truncated Spline, B-Spline.*

### 1. PENDAHULUAN

Sebagai salah satu cara untuk memandang hubungan kausalitas antara variabel respons dengan variabel prediktor, analisis regresi dalam implementasinya memiliki tiga pendekatan yang kerap digunakan untuk menduga kurva regresi. Pendekatan dalam analisis regresi ialah pendekatan parametrik, semiparametrik, dan nonparametrik.

Pendekatan parametrik baik dipakai bilamana bentuk kurva regresi diketahui, bila terdapat pergerakan dari data yang tidak diharapkan maka pendekatan parametrik kurang mampu memodelkan hubungan variabel respons dan variabel prediktor dengan baik, perihal ini menjadi salah satu kelemahan pendekatan parametrik. Bilamana kurva regresi yang dibangun memuat komponen parametrik dan komponen nonparametrik maka pendekatan semiparametrik dapat dipakai. Pendekatan nonparametrik menjadi alternatif bila tidak terdapat informasi terkait bentuk kurva regresi (Eubank, 1999). Salah satu teknik estimasi kurva regresi dalam regresi nonparametrik yang kerap dipakai adalah regresi *spline*.

Regresi *spline* adalah analisis regresi yang memakai pendekatan ke arah plot data. Regresi *spline* mempunyai titik-titik yang menghubungkan antar kurva yang disebut titik

*knot*. Basis fungsi dalam memodelkan regresi nonparametrik *spline* antara lain adalah *truncated spline* serta *B-Spline* (Lyche & Mørken, 2008).

Dibandingkan dengan model polinomial lain, basis fungsi *truncated spline* ialah model polinomial yang mempunyai fleksibilitas yang lebih tinggi karena menghasilkan fungsi regresi yang sesuai dengan data. Pemilihan orde dan titik *knot* disesuaikan berdasarkan data di mana apabila orde yang akan diujikan tinggi maka basis *B-Spline* dapat menjadi alternatif. Basis *B-spline* digunakan dalam mengatasi model *spline* saat orde tinggi dan titik *knot* yang banyak. Basis *B-Spline* hanya dapat didefinisikan secara rekursif dan karenanya tidak dapat dievaluasi secara langsung.

Pemodelan yang dilakukan Anggreni, dkk. (2018) terkait persoalan tuberkulosis di Provinsi Bali memakai regresi *nonparametrik truncated spline* dengan variabel prediktor persentase rumah tangga sikap hidup bersih serta sehat, persentase kepadatan penduduk, persentase tempat umum sehat, persentase tempat pengolahan makanan sehat, persentase umur produktif serta persentase tenaga kesehatan terlatih, digapai model terbaik yakni orde 2 dengan 1 titik *knot* dan koefisien determinasi sejumlah 70,48%. Riset lain dilakukan oleh

Rahmawati, dkk. (2017) yang memakai basis *B-Spline* dalam memodelkan persoalan kemiskinan di Jawa tengah dengan variabel respons persentase penghuni miskin serta variabel prediktor ialah laju pengekspansian ekonomi, tingkat pengangguran terbuka (TPT), tingkat pembelajaran SMA ke atas, dalam riset ini dipakai basis *B-Spline* dengan orde 2 ialah model dengan GCV terendah serta koefisien determinasi sejumlah 67, 79% yang bermakna ketiga variabel prediktor tertera memengaruhi persentase penghuni miskin sejumlah 67, 79%.

Gizi buruk dikaitkan dengan sesuatu keadaan status gizi pengidap yang tidak umum di mana indeks berat tubuh serta usia tidak cocok dengan pengidap, di mana wajarnya berat tubuh berkorelasi positif dengan usia. Perolehan pemantauan status gizi (PSG) tahun 2016 menampakkan besaran bayi gizi buruk sejumlah 3, 4%, sebaliknya tahun 2017 PSG menampakkan besaran sejumlah 3, 8%. Hal ini menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda masing-masing tahun. Perolehan ini mengindikasikan upaya pembangunan yang dilakukan pemerintah belum optimal.

Dengan menerapkan regresi nonparametrik *spline* pada kurva regresi yang tidak diketahui akan mampu membangun model dengan baik. Berkaitan dengan itu, peneliti mencoba memodelkan persentase gizi buruk dengan basis *Truncated* dan *B-Spline*.

Asumsi-asumsi yang mendasari regresi parametrik tidak berlaku pada pendekatan nonparametrik serta pendekatan nonparametrik mempunyai fleksibilitas lebih besar, diharapkan data mencari taksiran kurva regresinya sendiri (Eubank, 1999). Secara universal ikatan  $X$  serta  $Y$  dengan  $n$  pengamatan diuraikan :

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i \quad , i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.1)$$

dengan  $y_i$  selaku variabel respons,  $f$  ialah kurva regresi yang diasumsikan tidak diketahui bentuknya,  $x_i$  selaku variabel prediktor, sedangkan  $\varepsilon_i$  ialah residual yang diasumsikan bebas dngan mean serta varians  $\sigma^2$ .

Dalam fungsi *spline* ada titik-titik penghubung yang disebut titik knot. Secara universal model regresi *spline* dengan satu variabel respons serta variabel prediktor atas suatu fungsi dengan orde  $m$  bisa dikemukakan sebagai berikut (Eubank, 1999):

$$f(x_i) = \sum_{r=0}^{m-1} \beta_r x_i^r + \sum_{p=1}^l \beta_{(m-1+p)} (x_i - k_p)_+^{m-1} \quad (2.2)$$

dengan  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{m-1}, \beta_{(m-1+p)}$  ialah koefisien regresi,  $x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{m-1}$  ialah satu variabel prediktor yang nilainya diketahui, sedangkan  $(x_i - k_p)_+^{m-1}$  ialah fungsi *truncated* yang dapat dijabarkan seperti berikut:

$$(x_i - k_p)_+^{m-1} = \begin{cases} (x_i - k_p)^{m-1} & , x_i \geq k_p \\ 0 & , x_i < k_p \end{cases} \quad (2.3)$$

persamaan regresi nonparametrik *truncated spline* selanjutnya didefinisikan sebagai berikut:

$$y_i = \sum_{r=0}^{m-1} \beta_r x_i^r + \sum_{p=1}^l \beta_{(m-1+p)} (x_i - k_p)_+^{m-1} + \varepsilon_i \quad , i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.4)$$

*Maximum likelihood estimator* (MLE) dipakai selaku estimasi regresi nonparametrik *spline*. Bila galat diasumsikan bersebaran normal pada persamaan (2.1), maka  $y_i$  juga bersebaran normal dengan nilai tengah  $f(x_i)$  serta varians  $\sigma^2$ . Sehingga fungsi densitas peluang  $y_i$  sebagai berikut:

$$f(y; f(x), \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left[ -\frac{(y-f(x))^2}{2\sigma^2} \right] \quad , f(x) > 0, \sigma^2 > 0 .$$

Fungsi *likelihood* dapat dikemukakan seperti berikut :

$$L(y, f) = \prod_{i=1}^n f(y_i; f(x), \sigma^2) = (2\pi\sigma^2)^{-\frac{n}{2}} \exp \left[ -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 \right] \quad (2.5)$$

Estimator titik  $f$  diperoleh dengan memaksimumkan fungsi *likelihood*  $L(y, f)$  berikut :

$$\max\{L(y, f)\} = \max_{\beta \in R^{m+r}} \left\{ (2\pi\sigma^2)^{-\frac{n}{2}} \exp \left[ -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \left[ y_i - \left( \sum_{r=0}^{m-1} \beta_r x_i^r + \sum_{p=1}^l \beta_{(m-1+p)} (x_i - k_p)_+^{m-1} \right) \right]^2 \right] \right\} \quad (2.6)$$

Selanjutnya dilakukan transformasi logaritma terhadap persamaan (2.6) kemudian perolehan transformasi logaritma tersebut diturunkan secara parsial terhadap  $\beta$  dan disamakan dengan nol, sampai-sampai didapat :

$$\hat{\beta} = (x'x)^{-1}x'y \quad (2.7)$$

Estimasi  $\hat{y}$  dapat dikemukakan seperti berikut:

$$\hat{y} = x(x'x)^{-1}x'y = A(k)y \quad (2.8)$$

dengan  $A(k)$  ialah matriks yang dipakai untuk menghitung nilai GCV dalam pemilihan *knot*.

Bilamana persamaan (2.1) didekati dengan fungsi *B-spline* orde  $m$  dengan  $k$  *knot*, persamaan bisa diuraikan sebagai berikut (Eubank, 1999):

$$y_i = \sum_{l=1}^{m+k} \alpha_l N_{l-m,m}(x_i) + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (2.9)$$

dengan  $N_{l-m,m}$  ialah basis *B-spline* dan  $\alpha_l$  menjadi parameter regresi untuk *B-spline*. Dalam membangun fungsi *B-spline* dengan orde  $m$  dan titik *knot*  $a < \xi_1 < \xi_2 < \dots < \xi_k < b$  lebih dulu menafsirkan *knot* tambahan sejumlah  $2m$ , yakni  $\xi_{-(m-1)}, \dots, \xi_{-1}, \xi_0, \xi_{k+1}, \dots, \xi_{k+m}$  dengan  $\xi_{-(m-1)} = \dots = \xi_0 = a$  dan  $\xi_{(k+1)} = \dots = \xi_{k+m} = b$ . Lazimnya  $a$  diambil dari nilai minimum  $x$  dan  $b$  diambil dari nilai maksimum  $x$ . *B-spline* dengan orde  $m$  serta titik *knot*  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k$  dapat ditafsirkan secara rekursif seperti berikut :

$$N_{l,m}(x) = \frac{x - \xi_l}{\xi_{l+m-1} - \xi_l} N_{l,m-1}(x) + \frac{\xi_{l+m} - x}{\xi_{l+m} - \xi_{l+1}} N_{l+1,m-1}(x) \quad (2.10)$$

dengan  $l = -(m-1), \dots, k$

$$N_{l,1}(x) = \begin{cases} 1, & x \in (\xi_l, \xi_{l+1}) \\ 0, & \text{lainnya.} \end{cases}$$

Untuk estimasi koefisien  $\alpha$  atas persamaan (2.9), ditafsirkan matriks  $N(\lambda)$  berukuran  $n \times (m + K)$  (Budiantara dkk., 2006)

$$N(\lambda) = \begin{bmatrix} N_{1-m,m}(x_1) & N_{2-m,m}(x_1) & \dots & N_{K,m}(x_1) \\ N_{1-m,m}(x_2) & N_{2-m,m}(x_2) & \dots & N_{K,m}(x_2) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ N_{1-m,m}(x_n) & N_{2-m,m}(x_n) & \dots & N_{K,m}(x_n) \end{bmatrix}$$

Metode *least squares spline* digunakan dalam menduga parameter  $\alpha_\lambda$ . Jumlah kuadrat *error* ataupun *residual sum of squares* (RSS) diminimumkan untuk memperoleh estimator

$\hat{\alpha}_\lambda$  :

$$\hat{\alpha}_\lambda = (N_\lambda^T N_\lambda)^{-1} N_\lambda^T y$$

Estimasi model *B-spline* atas regresi nonparametrik ialah:

$$\hat{y} = N_\lambda (N_\lambda^T N_\lambda)^{-1} N_\lambda^T y = S_\lambda y \quad (2.11)$$

Pemilihan titik *knot* optimal dicoba untuk memperoleh suatu model regresi *spline* terbaik. Pemilihan titik *knot* yang optimal dapat memakai kriteria GCV (Eubank, 1999).

$$GCV(k) = \frac{MSE(k)}{(n^{-1}tr[I-A(k)])^2} \quad (2.12)$$

Fungsi (2. 12) dipakai untuk memperoleh nilai GCV fungsi *truncated spline* dengan  $MSE(k) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2$ . Sedangkan untuk memperoleh nilai GCV pada fungsi *B-spline* ditafsirkan seperti berikut :

$$GCV(\lambda) = \frac{MSE(\lambda)}{(n^{-1}tr[I-S_\lambda])^2} \quad (2.13)$$

Pemilihan model terbaik dicoba dengan memilah nilai GCV serta MSE yang paling minimum.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Jenis dan Sumber Data

Pemodelan jumlah gizi buruk pada balita di Provinsi Bali memakai jenis data sekunder. Data yang dipakai ialah data dari 57 kecamatan di Provinsi Bali tahun 2018 yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Provinsi Bali.

### 2.2 Variabel Penelitian

Variabel respons dalam penelitian ini ialah jumlah balita penderita gizi buruk di Provinsi Bali tahun 2018. Terdapat enam variabel prediktor yang dipakai yaitu Persentase bayi baru lahir mendapat ASI eksklusif sampai usia 6 bulan ( $X_1$ ), Persentase berat bayi lahir rendah (BBLR) ( $X_2$ ), Persentase posyandu aktif ( $X_3$ ), persentase tempat pengolahan makanan (TPM) memenuhi syarat kesehatan ( $X_4$ ), persentase ibu hamil mendapatkan tablet tambah darah (TTD) ( $X_5$ ), persentase balita umur 6 – 59 bulan mendapat vitamin A ( $X_6$ ).

### 2.3 Metode Analisa Data

Teknik analisis data dilakukan dengan regresi nonparametrik *truncated spline* dan *B-Spline* dan dengan bantuan software R. Ada pula tahapan yang dicoba ialah selaku berikut:

1. Memilih titik *knot* optimal untuk basis *truncated spline* dengan tahapan seperti berikut :
  - a. Memutuskan  $m$  orde dan  $k$  titik *knot*

- b. Menggali matriks  $A(k)$  yang memenuhi persamaan (2.8)
  - c. Memilih nilai GCV minimum untuk memutuskan titik *knot* optimal sesuai dengan persamaan (2.12)
2. Memilih titik *knot* optimal untuk basis *B-Spline* dengan tahapan seperti berikut :
    - a. Membuat basis fungsi *B-spline* pada  $m$  orde serta  $k$  titik *knot* sesuai persamaan (2.10)
    - b. Menggali matriks  $S_\lambda$  yang memenuhi persamaan (2.11)
    - c. Menggali titik *knot* optimal dengan memilih nilai GCV yang paling minimum sesuai persamaan (2.13)
  3. Memilih basis terbaik antara *truncated spline* dan *B-Spline* dengan melihat nilai GCV minimum serta nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) terbesar.
  4. Memodelkan regresi nonparametrik dengan basis serta titik *knot* terpilih
  5. Menginterpretasikan model yang terpilih serta menarik kesimpulan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pemilihan Titik *Knot* Optimal atas Regresi Nonparametrik *Truncated Spline*

Pemilihan titik *knot* optimal dilakukan dengan memilih nilai GCV paling minimum dengan bantuan *software R x64 4.0.3*. Pemilihan titik *knot* optimal pada penelitian ini dibatasi dari satu titik *knot* sampai empat titik *knot* pada *spline truncated* linier (orde 2), dan kuadrat (orde 3). Selanjutnya diuraikan nilai GCV minimum pada masing-masing orde dan titik *knot* seperti berikut:

Tabel 1. Tabel Nilai GCV dari Masing-masing Orde dan Titik *Knot*

Orde	Banyak Titik <i>Knot</i>	GCV
Orde 2	1 Titik <i>Knot</i>	6,42599
	<b>2 Titik <i>Knot</i></b>	<b>6,38804</b>
	3 Titik <i>Knot</i>	6,49157
	4 Titik <i>Knot</i>	6,60559
Orde 3	1 Titik <i>Knot</i>	6,54434
	2 Titik <i>Knot</i>	6,50479
	3 Titik <i>Knot</i>	7,08386
	4 Titik <i>Knot</i>	7,94239

Berdasarkan Tabel 4.2 pemodelan *truncated spline* pada orde 2 dengan 2 titik *knot* memiliki nilai GCV paling minimum yaitu 6,38804, nilai MSE sebesar 1,904357 serta nilai koefisien

determinasi sebesar 0,6189174 dengan titik *knot* optimal berturut-turut terletak pada titik  $X_1 = 51,72$  dan  $58,43$ ;  $X_2 = 1,69$  dan  $2,52$ ;  $X_3 = 42,61$  dan  $50$ ;  $X_4 = 22,39$  dan  $34,95$ ;  $X_5 = 87,48$  dan  $91,47$ ; dan  $X_6 = 97,14$  dan  $97,83$ .

#### 3.2 Pemilihan Titik *Knot* Optimal pada Regresi Nonparametrik *B-Spline*

Pemilihan titik *knot* yang optimal dalam penelitian ini, hanya dibatasi pada satu *knot*, dua *knot*, tiga *knot*, dan empat *knot* pada *B-spline* linier (orde 2) dan kuadrat (orde 3) dengan kriteria nilai GCV yang paling minimum. Berikut merupakan nilai GCV minimum untuk masing-masing orde dan titik *knot*:

Tabel 2. Tabel Nilai GCV dari Masing-masing Orde dan Titik *Knot*

Orde	Banyak Titik <i>Knot</i>	GCV
Orde 2	1 Titik <i>Knot</i>	6,413497
	2 Titik <i>Knot</i>	6,363895
	3 Titik <i>Knot</i>	6,311757
	4 Titik <i>Knot</i>	6,54205
Orde 3	1 Titik <i>Knot</i>	6,46338
	2 Titik <i>Knot</i>	6,28425
	3 Titik <i>Knot</i>	6,28557
	<b>4 Titik <i>Knot</i></b>	<b>6,27875</b>

Nilai GCV paling minimum yaitu pada orde 3 dengan 4 titik *knot* yaitu 6,27875 dan nilai MSE sebesar 0,8669923 dengan titik *knot* optimal berturut-turut terletak pada titik 51,72; 58,43; 69,93; 71,33; 1,69; 2,52; 3,61; 3,81; 42,61; 50; 62,19; 66,28; 22,39; 34,95; 73,37; 78,9; 87,48; 91,47; 95,07; 96,16; 97,14; 97,83; 99,47; dan 99,49, dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,8265054$ . Estimasi model yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$\hat{Y}_l = 5,63 - 5,25N_{-2,3}(X_1) - 8,55N_{-1,3}(X_1) - 11,8N_{0,3}(X_1) - 7,7N_{1,3}(X_1) - 13,07N_{2,3}(X_1) - 14,78N_{3,3}(X_1) - 9,05N_{4,3}(X_1) + 2,18N_{-2,3}(X_2) - 1,63N_{-1,3}(X_2) + 2,61N_{0,3}(X_2) + 4,31N_{1,3}(X_2) + 0,09N_{2,3}(X_2) + 2,09N_{3,3}(X_2) + 4,04N_{4,3}(X_2) + 2,21N_{-2,3}(X_3) - 0,44N_{-1,3}(X_3) - 0,64N_{0,3}(X_3) - 0,08N_{1,3}(X_3) - 4,57N_{2,3}(X_3) + 10,56N_{3,3}(X_3) - 2,06N_{4,3}(X_3) + 6,96N_{-2,3}(X_4) + 2,28N_{-1,3}(X_4) + 3,01N_{0,3}(X_4) + 1,79N_{1,3}(X_4) + 3,07N_{2,3}(X_4) + 4,72N_{3,3}(X_4) + 1,2N_{4,3}(X_4) + 6,82N_{-2,3}(X_5) - 2,27N_{-1,3}(X_5) +$$

$$3,15N_{0,3}(X_5) + 4,01N_{1,3}(X_5) + 1,83N_{2,3}(X_5) + 4,75N_{3,3}(X_5) + 2,77N_{4,3}(X_5) + 1,91N_{-2,3}(X_6) + 1,54N_{-1,3}(X_6) + 2,4N_{0,3}(X_6) - 3,06N_{1,3}(X_6) - 1,55N_{2,3}(X_6) + 4,18N_{3,3}(X_6) - 0,66N_{4,3}(X_6).$$

### 3.3 Interpretasi Model Terpilih

Berdasarkan nilai MSE dan  $R^2$  basis *Truncated Spline* dan *B-spline* dapat disimpulkan bahwa estimasi model terbaik merupakan model dengan basis *B-spline*. Interpretasi dari model terbaik regresi nonparametrik *B-Spline* dilakukan dengan mempertimbangkan rentangan serta nilai dari basis *B-Spline* masing-masing variabel prediktor yang telah diperoleh. Interpretasi dari model yang terpilih dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Apabila variabel  $X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$  diasumsikan tetap, pengaruh persentase bayi baru lahir mendapat ASI eksklusif ( $X_1$ ) terhadap jumlah balita penderita gizi buruk pada kecamatan ke- $i$  di Provinsi Bali ( $Y_i$ ) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 5,63 - 5,25N_{-2,3}(X_1) \quad (4.1)$$

dengan

$$N_{-2,3}(X_1) = \begin{cases} \left(\frac{51,72-X_1}{10,93}\right)^2, & 40,79 \leq X_1 < 51,72^2 \\ 0 & , 51,72 \leq X_1 < 58,43 \\ 0 & , 58,43 \leq X_1 < 69,93 \\ 0 & , 69,93 \leq X_1 < 71,33 \\ 0 & , 71,33 \leq X_1 < 86,78 \\ 0 & , \text{ untuk } X_1 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 5,63 - 9,05N_{4,3}(X_1) \quad (4.2)$$

dengan

$$N_{4,3}(X_1) = \begin{cases} \left(\frac{X_1-71,33}{15,43}\right)^2, & 71,33 \leq X_1 < 86,78 \\ 0 & , \text{ untuk } X_1 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Saat persentase bernilai minimum yaitu 40,79% disubstitusi ke persamaan (4.1), diperoleh jumlah balita penderita gizi buruk berkurang 5 kasus. Apabila persentase maksimum 86,78% disubstitusi ke

persamaan (4.2), diperoleh kasus balita penderita gizi buruk akan berkurang sebanyak 9 kasus. Peningkatan persentase bayi baru lahir mendapat ASI eksklusif akan menurunkan jumlah kasus balita penderita gizi buruk di Provinsi Bali.

2. Apabila variabel  $X_1, X_3, X_4, X_5, X_6$  diasumsikan tetap, pengaruh persentase berat bayi lahir rendah (BBLR) ( $X_2$ ) terhadap jumlah balita penderita gizi buruk pada kecamatan ke- $i$  di Provinsi Bali ( $Y_i$ ) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 5,63 + 2,18N_{-2,3}(X_2) \quad (4.3)$$

dengan

$$N_{-2,3}(X_2) = \begin{cases} \left(\frac{1,69-X_2}{1,58}\right)^2, & 0,11 \leq X_2 < 1,69 \\ 0 & , 1,69 \leq X_2 < 2,52 \\ 0 & , 2,52 \leq X_2 < 3,61 \\ 0 & , 3,61 \leq X_2 < 3,81 \\ 0 & , 3,81 \leq X_2 < 6,28 \\ 0 & , \text{ untuk } X_2 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 5,63 + 4,04N_{4,3}(X_2) \quad (4.4)$$

dengan

$$N_{4,3}(X_2) = \begin{cases} \left(\frac{X_2-3,81}{2,47}\right)^2, & 3,81 \leq X_2 < 6,28 \\ 0, & \text{ untuk } X_2 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase minimum 0,11% dan disubstitusi ke persamaan (4.3), diperoleh jumlah balita penderita gizi buruk bertambah sebanyak 2 kasus. Apabila persentase maksimum 6,28% disubstitusi ke persamaan (4.4), maka ditemukan kasus balita penderita gizi buruk bertambah sebanyak 4 kasus. Peningkatan persentase BBLR akan meningkatkan jumlah kasus balita penderita gizi buruk di Provinsi Bali.

3. Apabila variabel  $X_1, X_2, X_4, X_5, X_6$  diasumsikan tetap, maka pengaruh persentase posyandu aktif ( $X_3$ ) terhadap jumlah balita penderita gizi buruk pada kecamatan ke- $i$  di Provinsi Bali ( $Y_i$ ) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 5,63 + 2,21N_{-2,3}(X_3) \quad (4.5)$$

dengan

$$N_{-2,3}(X_3)$$

$$= \begin{cases} \left(\frac{42,61-X_3}{42,61}\right)^2 & , 0 \leq X_3 < 42,61 \\ 0 & , 42,61 \leq X_3 < 50 \\ 0 & , 50 \leq X_3 < 62,19 \\ 0 & , 62,19 \leq X_3 < 66,28 \\ 0 & , 66,28 \leq X_3 < 100 \\ 0 & , \text{untuk } X_3 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 5,63 - 2,06N_{4,3}(X_3) \quad (4.6)$$

dengan

$$N_{4,3}(X_3) = \begin{cases} \left(\frac{X_3 - 66,28}{33,72}\right)^2 & , 66,28 \leq X_3 < 100 \\ 0 & , \text{untuk } X_3 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase posyandu aktif bernilai minimum yaitu 0% dan disubstitusi ke persamaan (4.5), diperoleh jumlah balita penderita gizi buruk bertambah sebanyak 2 kasus. Selanjutnya apabila persentase maksimum yaitu 100% disubstitusi ke persamaan (4.6), diperoleh kasus balita penderita gizi buruk berkurang sebanyak 2 kasus. Peningkatan persentase posyandu aktif akan menurunkan jumlah kasus balita penderita gizi buruk di Provinsi Bali.

4. Apabila variabel  $X_1, X_2, X_3, X_5, X_6$  diasumsikan tetap, maka pengaruh persentase tempat pengolahan makanan (TPM) ( $X_4$ ) terhadap jumlah balita penderita gizi buruk pada kecamatan ke- $i$  di Provinsi Bali ( $Y_i$ ) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 5,63 + 6,96N_{-2,3}(X_4) \quad (4.7)$$

dengan

$$N_{-2,3}(X_4) = \begin{cases} \left(\frac{22,39 - X_4}{20,61}\right)^2 & , 1,78 \leq X_4 < 22,39 \\ 0 & , 22,39 \leq X_4 < 34,95 \\ 0 & , 34,95 \leq X_4 < 73,37 \\ 0 & , 73,37 \leq X_4 < 78,9 \\ 0 & , 78,9 \leq X_4 < 100 \\ 0 & , \text{untuk } X_4 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 5,63 + 1,2N_{4,3}(X_4) \quad (4.8)$$

dengan

$$N_{4,3}(X_4) = \begin{cases} \left(\frac{X_4 - 78,9}{21,1}\right)^2 & , 78,9 \leq X_4 < 100 \\ 0 & , \text{untuk } X_4 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase TPM memenuhi syarat kesehatan bernilai minimum 1,78% dan disubstitusi ke persamaan (4.7), diperoleh jumlah balita penderita gizi buruk di kecamatan tersebut bertambah sebanyak 7 kasus. Apabila persentase maksimum 100%, nilai tersebut disubstitusi ke persamaan (4.8) diperoleh kasus balita penderita gizi buruk berkurang sebanyak 1 kasus. Peningkatan persentase TPM akan menurunkan jumlah kasus balita penderita gizi buruk di Provinsi Bali.

5. Apabila variabel  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_6$  diasumsikan tetap, maka jumlah balita penderita gizi buruk pada kecamatan ke- $i$  di Provinsi Bali ( $Y_i$ ) yang dipengaruhi persentase ibu hamil mendapat tablet tambah darah (TTD) ( $X_5$ ) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 5,63 + 6,82N_{-2,3}(X_5) \quad (4.9)$$

dengan

$$N_{-2,3}(X_5) = \begin{cases} \left(\frac{87,48 - X_5}{19,39}\right)^2 & , 68,09 \leq X_5 < 87,48 \\ 0 & , 87,48 \leq X_5 < 91,47 \\ 0 & , 91,47 \leq X_5 < 95,07 \\ 0 & , 95,07 \leq X_5 < 96,16 \\ 0 & , 96,16 \leq X_5 < 109,96 \\ 0 & , \text{untuk } X_5 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 5,63 - 2,77N_{4,3}(X_5) \quad (4.10)$$

dengan

$$N_{4,3}(X_5) = \begin{cases} \left(\frac{X_5 - 96,16}{13,8}\right)^2 & , 96,16 \leq X_5 < 109,96 \\ 0 & , \text{untuk } X_5 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase bernilai minimum yaitu 68,09% dan disubstitusi ke persamaan (2.9) diperoleh jumlah balita penderita gizi buruk bertambah sebanyak 7 kasus. Apabila persentase maksimum yaitu 109,96% disubstitusi ke persamaan (2.10) maka ditemukan kasus balita penderita gizi buruk berkurang sebanyak 3 kasus. Peningkatan

persentase ibu hamil mendapat TTD akan menurunkan jumlah kasus balita penderita gizi buruk di Provinsi Bali.

6. Apabila variabel  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  diasumsikan tetap, maka pengaruh persentase balita mendapat vitamin A ( $X_6$ ) terhadap jumlah balita penderita gizi buruk pada kecamatan ke- $i$  di Provinsi Bali ( $Y_i$ ) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 5,63 + 1,91N_{-2,3}(X_6) \quad (4.11)$$

dengan

$$N_{-2,3}(X_6)$$

$$= \begin{cases} \left(\frac{97,14 - X_6}{2,66}\right)^2, & 94,48 \leq X_6 < 97,14 \\ 0 & , 97,14 \leq X_6 < 97,83 \\ 0 & , 97,83 \leq X_6 < 99,47 \\ 0 & , 99,47 \leq X_6 < 99,49 \\ 0 & , 99,49 \leq X_6 < 100 \\ 0 & , \text{ untuk } X_6 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 5,63 - 0,66N_{4,3}(X_6) \quad (4.12)$$

dengan

$$N_{4,3}(X_6)$$

$$= \begin{cases} \left(\frac{X_6 - 99,49}{0,51}\right)^2, & 99,49 \leq X_6 < 100 \\ 0 & , \text{ untuk } X_6 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase minimum yaitu 94,48% dan disubstitusi ke persamaan (2.11) diperoleh jumlah balita penderita gizi buruk di kecamatan tersebut bertambah sebanyak 2 kasus. Sebaliknya, apabila persentase maksimum yaitu 100% disubstitusi ke persamaan (2.12) diperoleh kasus balita penderita gizi buruk berkurang sebanyak 1 kasus. Peningkatan persentase balita mendapat vitamin A akan menurunkan persentase jumlah kasus balita penderita gizi buruk di Provinsi Bali.

#### 4. SIMPULAN DAN SARAN

Pemodelan kasus gizi buruk pada balita di Provinsi Bali dengan penerapan regresi nonparametrik *truncated spline* dan *B-Spline* menunjukkan bahwa regresi nonparametrik dengan basis *B-Spline* memiliki nilai GCV dan MSE yang paling minimum. Model kasus gizi buruk di Provinsi Bali dengan menggunakan regresi nonparametrik *B-Spline* kuadratik (orde 3) mampu menerangkan keragaman jumlah

kasus gizi buruk pada balita pada 57 kecamatan di Provinsi Bali tahun 2018 sebesar 82,65% , sisanya dipengaruhi oleh variabel lain di luar model.

Berdasarkan model yang diperoleh apabila persentase pemberian tablet tambah darah pada ibu hamil minimum maka jumlah kasus gizi buruk pada balita akan bertambah 7 kasus, sedangkan apabila persentase pemberian ASI Eksklusif maksimal maka jumlah kasus gizi buruk pada balita di Provinsi Bali akan berkurang sebanyak 9 kasus. Sehingga, dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk mengurangi jumlah kasus gizi buruk di Provinsi Bali maka pemberian ASI Eksklusif oleh ibu haruslah dimaksimalkan dan pemberian tablet tambah darah pada ibu hamil juga harus dipantau karena pendistribusian tablet tambah darah melalui posyandu dan puskesmas merupakan salah satu upaya pemerintah dalam menjaga asupan ibu hamil.

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat membandingkan regresi nonparametrik dengan basis spline lain seperti basis *I-Spline*, *penalized spline*, atau yang lain.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggreni, N. P. R., Suciptawati, N. L. P., & Srinadi, I. G. A. M. (2018). Model Regresi Nonparametrik Spline Truncated Pada Jumlah Kasus Tuberkulosis di Provinsi Bali Tahun 2016. *E-Jurnal Matematika*, 7(3), 211. <https://doi.org/10.24843/mtk.2018.v07.i03.p205>
- Budiantara, I. N., Suryadi, F., Otok, B. W., & Guritno, S. (2006). Pemodelan B-Spline Dan Mars Pada Nilai Ujian Masuk Terhadap Ipk Mahasiswa Jurusan Disain Komunikasi Visual Uk . Petra Surabaya. 8(1), 1–13.
- Budiantara, I. N. (2011). Penelitian Bidang Regresi Spline Menuju Terwujudnya Penelitian Statistika yang Mandiri dan Berkarakter. *Prosiding Seminar Nasional MIPA Undiksha 2011*, 9—28. Diakses dari [https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/se\\_mnamipa/issue/view/246](https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/se_mnamipa/issue/view/246)
- Dinas Kesehatan Provinsi Bali. (2016). *Laporan Hasil Pemantauan Status gizi dan Pemantauan Konsumsi Gizi (PSG-PKG) Provinsi Bali 2016*. Denpasar : Dinas Kesehatan Provinsi Bali

- 
- (2017). *Laporan Hasil Pemantauan Status gizi dan Pemantauan Konsumsi Gizi (PSG-PKG) Provinsi Bali 2017*. Denpasar : Dinas Kesehatan Provinsi Bali
- Eubank, R. L. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing 2nd Edition*. Marcel Dekker, Inc.
- Lyche, T., & Mørken, K. (2008). *Spline Methods Draft*. Department of Informatics, Center of Mathematics for Applications, University of Oslo.
- Rahmawati, A. S., Ispriyanti, D., & Warsito, B. (2017). Pemodelan Kasus Kemiskinan Di Jawa Tengah Menggunakan Regresi Nonparametrik Metode B-spline. *Jurnal Gaussian*, 6(1), 11–20.