

PEMODELAN KASUS *PNEUMONIA* PADA BALITA DI PROVINSI BALI MENGGUNAKAN METODE REGRESI NONPARAMETRIK *B-SPLINE*

I Gusti Ayu Made Valentina Dewi[§], I Gusti Ayu Made Srinadi², Made Susilawati³

¹Prodi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: igamvd@gmail.com]

²Prodi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: srinadi@unud.ac.id]

³Prodi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: susilawati.made@gmail.com]

[§]Corresponding Author

ABSTRACT

Pneumonia is an inflammatory lung disease caused by bacterium Streptococcus pneumonia, Chlamydophila pneumonia bacteria, influenza virus, and fungi. Bali Provincial Health Service data in 2018 shows that one of the diseases that causes many deaths in children under five is pneumonia. This study aims to model the number of pneumonia cases in children under five in Bali Province in 2018 with six research variables, namely percentage of low birth weight, percentage of coverage of infants who receive vitamin A, percentage of infants who receive exclusive breastfeeding, percentage of under-five health services, percentage of villages that implement community-based total sanitation, and percentage of neonatal complications management. In the B-Spline function there are connecting points called knots. The best estimation of the B-Spline regression model is obtained from selecting the optimum knot point with the criteria for the value of generalized cross validation (GCV) and the selected mean square error (MSE) having the minimum value. The B-Spline regression model that is formed is the quadratic B-Spline model (order 3) with five knots resulting in an R^2 value of 87.79%.

Keywords: Bali, Generalized Cross Validation (GCV), Knots, B-Spline, Pneumonia.

1. PENDAHULUAN

Regresi nonparametrik merupakan metode statistika yang dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas yang dilandasi pada bentuk kurva regresi yang tidak diketahui serta tidak mengasumsikan pola data tertentu. Oleh karena itu, pendekatan regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi karena data diharapkan menentukan sendiri bentuk estimasi kurva regresinya tanpa dipengaruhi oleh faktor subyektivitas dari peneliti. Salah satu pendekatan regresi nonparametrik yaitu regresi *spline*.

Regresi *spline* merupakan fungsi polinomial tersegmen atau terpotong, dalam fungsi tersebut terdapat titik-titik penghubung yang disebut titik *knot*. Titik *knot* atau titik penghubung merupakan titik fokus dalam fungsi *spline* sehingga kurva yang dibentuk akan tersegmen atau terpotong. Langkah-langkah yang dilakukan pada regresi *spline* yaitu menentukan titik *knot* dengan nilai *generalized cross validation* (GCV) yang

paling minimum. Adapun basis yang biasa digunakan pada pendekatan *spline* yakni basis *spline truncated* dan basis *B-Spline* (Lyche & Mørken, 2008). Fungsi basis *truncated* memiliki kelemahan, yaitu pada saat orde *spline* makin tinggi, titik *knot* yang banyak dan jarak *knot* yang terlalu dekat, maka akan membentuk matriks yang mendekati singular. Basis yang dapat menutupi kelemahan dari basis *truncated* yaitu basis *B-Spline* dikarenakan basis *B-Spline* memiliki keunggulan yakni dapat digunakan apabila orde pada *Spline* tinggi serta jarak *knot* yang berdekatan (Eubank, 1999).

Beberapa penelitian yang menggunakan metode regresi nonparametrik *B-Spline* yaitu penelitian oleh Budiantara dkk. (2006) yang menghasilkan nilai koefisien determinasi yaitu sebesar 99,7% dengan variabel terikat yaitu indeks prestasi kumulatif (IPK) dan variabel bebasnya yaitu nilai ujian masuk tulis. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *B-Spline* pada permasalahan penyakit *pneumonia*.

Pneumonia merupakan penyakit radang paru-paru yang diakibatkan oleh bakteri *Streptococcus pneumoniae*, dan bakteri *Chlamydomphila pneumoniae*, virus influenza, dan jamur. Di Indonesia kasus *pneumonia* ditemukan sebanyak 478.078 kasus, di antaranya kasus *pneumonia* pada balita sebanyak 311.227, balita yang mengidap *pneumonia* berat sebanyak 7.882 dan 142 balita di antaranya meninggal dunia akibat penyakit *pneumonia*. Permasalahan ini juga merupakan permasalahan yang terjadi di Provinsi Bali itu dapat dilihat pada kasus penemuan *pneumonia* paling tinggi di Provinsi Bali terjadi pada tahun 2016 dengan jumlah 6.955 balita dan kasus terendah pada tahun 2015 dengan jumlah sebesar 2.350 balita. Penyebab kematian balita di Provinsi Bali tahun 2018 masih didominasi oleh *pneumonia* dengan persentase sebesar 8,5%; diare sebesar 2,1% dan selebihnya dari penyebab lain (Dinas Kesehatan Provinsi Bali, 2018).

Berdasarkan uraian dalam pendahuluan, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana model regresi nonparametrik *B-Spline* pada jumlah kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali pada tahun 2018.

Regresi nonparametrik merupakan metode statistika yang tidak mengacu pada parameter tertentu dan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas dengan dilandasi pada asumsi data yang diambil bersifat acak, dan bentuk kurva regresi diasumsikan mulus (*smooth*). Oleh karena itu, pendekatan dengan menggunakan regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi karena data diharapkan mencari sendiri bentuk estimasi kurva regresinya tanpa dipengaruhi oleh faktor subyektifitas dari peneliti. Adapun bentuk umum dari model regresi nonparametrik sebagai berikut:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i \text{ dengan } i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

dengan y_i merupakan variabel terikat pada amatan ke- i , x_i merupakan variabel bebas pada amatan ke- i , $f(x_i)$ merupakan fungsi data yang tidak diketahui bentuk maupun pola datanya ε_i merupakan galat atau eror yang diasumsikan bersifat acak, bebas dan memiliki nilai harapan nol $E(\varepsilon_i) = 0$. Pada saat persamaan model regresi (1) didekati fungsi *B-Spline* dengan orde m dan k titik knot, maka persamaannya dapat ditulis seperti berikut:

$y_i = \sum_{l=1}^{m+k} \beta_l B_{l,m}(x_i) + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n$ (2)
 dengan $B_{l,m}(x)$ merupakan basis *B-Spline* dan β_l merupakan parameter regresi untuk *B-Spline*. Untuk membangun fungsi *B-Spline* yang berorde m dengan k titik knot $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots, \xi_k$ dengan $a < \xi_1 < \dots < \xi_k < b$, terlebih dahulu didefinisikan knot tambahan sebanyak $2m$,

yaitu $\xi_{-(m-1)}, \dots, \xi_{-1}, \xi_0, \xi_{k+1}, \dots, \xi_{k+m}$, dengan $\xi_{-(m-1)} = \dots = \xi_0 = a$ dan $\xi_{k+1} = \dots = \xi_{k+m} = b$. Nilai a biasanya diambil dari nilai minimum pada variabel X, sedangkan nilai dari b diambil dari nilai maksimum pada variabel X. Menurut Eubank (1999) basis dari fungsi *B-Spline* pada orde m dengan titik-titik knot pada ξ_1, \dots, ξ_k didefinisikan secara rekursif sebagai berikut ini:

$$B_{l,m}(x) = \frac{x - \xi_l}{\xi_{l+m-1} - \xi_l} B_{l,m-1}(x) + \frac{\xi_{l+m} - x}{\xi_{l+m} - \xi_{l+1}} B_{l+1,m-1}(x) \quad (3)$$

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

$$B_{l,1}(x) = \begin{cases} 1, & x \in [\xi_l, \xi_{l+1}] \\ 0, & \text{untuk lainnya} \end{cases} \quad (4)$$

dengan m adalah derajat *B-Spline*, untuk $m = 2$ memberikan fungsi *B-Spline* linear, $m = 3$ memberikan fungsi *B-Spline* kuadratik, dan $m = 4$ memberikan fungsi *B-Spline* kubik. Untuk menaksir koefisien pada persamaan (2), didefinisikan matriks:

$$B(\lambda) = \begin{bmatrix} B_{-(m-1),m}(x_1), & B_{-(m-2),m}(x_1), & \dots, & B_{-k,m}(x_1), \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ B_{-(m-1),m}(x_n), & B_{-(m-1),m}(x_n), & \dots, & B_{-k,m}(x_n), \end{bmatrix}$$

Jadi $B(\lambda)$ menurut Budiantara et al. (2006) adalah matriks berukuran $n \times (m + K)$.

Estimasi parameter β_λ diperoleh dengan menggunakan metode *least squares spline*. Estimator $\widehat{\beta}_\lambda$ didapat dengan meminimumkan jumlahan kuadrat error atau *residual sum of squares* (RSS), sehingga didapat:

$$\widehat{\beta}_\lambda = (B_\lambda^T B_\lambda)^{-1} B_\lambda^T y \quad (5)$$

dengan $\widehat{\beta}_\lambda = (\widehat{\beta}_{\lambda 1} \widehat{\beta}_{\lambda 2} \dots \widehat{\beta}_{\lambda(m+k)})^T$

Estimasi model *B-Spline* pada regresi nonparametrik adalah:

$$\begin{aligned} \widehat{y} &= B_\lambda \widehat{\beta}_\lambda \\ &= B_\lambda ((B_\lambda^T B_\lambda)^{-1} B_\lambda^T y) \\ &= B_\lambda (B_\lambda^T B_\lambda)^{-1} B_\lambda^T y \\ &= S_\lambda y \end{aligned} \quad (6)$$

dengan matriks $S_\lambda = B_\lambda (B_\lambda^T B_\lambda)^{-1} B_\lambda^T$ simetris dengan definit positif. Pemilihan model *B-*

Spline terbaik diperlukan titik-titik knot yang optimal. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pemilihan titik *knot* yang optimal adalah *generalized cross validation* (GCV). Menurut Eubank (1999) metode GCV dapat ditulis sebagai berikut:

$$GCV(\lambda) = \frac{MSE(\lambda)}{(n^{-1}trace[I-S_\lambda])^2} \quad (7)$$

dengan $MSE(\lambda) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2$, \hat{Y} merupakan estimasi dari λ yang terpilih, I merupakan matriks identitas, n merupakan banyaknya data, λ merupakan banyaknya titik *knot* $(k_1, k_2, k_3, \dots, k_p)$ dan $S_\lambda = B_\lambda(B_\lambda^T B_\lambda)^{-1} B_\lambda^T$. Pemilihan model terbaik *B-Spline* dilakukan dengan memilih nilai GCV dan nilai MSE yang paling minimum.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Provinsi Bali tahun 2018. Data sekunder yang digunakan berupa jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada 57 kecamatan di Provinsi Bali tahun 2018.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini adalah jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada 57 kecamatan di Provinsi Bali tahun 2018 (Y) dan persentase berat bayi lahir rendah (X_1), persentase cakupan pemberian vitamin A pada balita (X_2), persentase bayi yang mendapat ASI eksklusif (X_3), persentase pelayanan kesehatan balita (X_4), persentase desa yang melaksanakan sanitasi total berbasis masyarakat (X_5) dan persentase penanganan komplikasi neonatal (X_6) merupakan variabel bebas.

2.3 Metode Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan dengan regresi nonparametrik *B-Spline* dan bantuan Program R-3.6.1. Adapun langkah-langkah analisis data yang dilakukan sebagai berikut:

1. Menyajikan statistika deskriptif variabel terikat dan variabel bebas sebagai gambaran umum untuk mengetahui data tentang *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali.

2. Membuat basis fungsi *B-Spline* pada m orde dan k titik knot sesuai dengan persamaan (3).
3. Mencari matriks S_λ yang memenuhi persamaan (6).
4. Mencari titik *knot* optimal dengan menggunakan nilai GCV yang paling minimum sesuai dengan persamaan (7).
5. Mencari nilai *mean square error* (MSE) yang paling minimum.
6. Menghitung nilai koefisien determinan (R^2).
7. Memodelkan variabel terikat dan variabel bebas dengan regresi nonparametrik *B-Spline* dengan titik *knot* optimal.
8. Menginterpretasikan model yang didapatkan dari regresi nonparametrik *B-Spline* dan menarik kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Data

Variabel-variabel pada penelitian ini diringkas dalam statistika deskripsi pada Tabel 1. Statistika deskripsi dari variabel-variabel penelitian ini diproses dengan bantuan Program IBM SPSS Statistics 22.

Tabel 1. Statistika Deskripsi Jumlah Kasus *Pneumonia* pada Balita dengan Faktor-Faktor yang Diduga Berpengaruh.

Variabel	Statistika Deskriptif			
	Min	Max	Mean	Simpangan Baku
Y	0	515	77,29	83,70
X ₁	0,11	6,28	3,25	1,55
X ₂	94,46	100	99,39	1,35
X ₃	45,36	92,56	69,61	11,80
X ₄	3,96	46,99	15,79	8,46
X ₅	0	100	89,35	20,30
X ₆	7,85	100	63,26	25,67

Kasus *pneumonia* pada balita tertinggi berdasarkan Tabel 1 ditemukan sebanyak 515 kasus dan kasus terendah yaitu 0 kasus. Data dari Dinas Kesehatan Provinsi Bali tahun 2018 menampilkan bahwa Kota Denpasar merupakan kota tertinggi kasus *pneumonia* pada balita karena ditemukan terdapat 1.908 penderita *pneumonia* balita dari 93.060 jumlah balita. Dari 1.908 balita penderita *pneumonia* di Denpasar terdapat 515 kasus *pneumonia* balita di Kecamatan Denpasar Selatan. Sedangkan di lain hal, Kabupaten Badung merupakan Kabupaten dengan kasus terendah *pneumonia*

pada balita yang ditemukan terdapat 0 kasus di dua kecamatan di Kabupaten Badung yaitu Kecamatan Kuta dan Kecamatan Kuta Utara.

Dinas Kesehatan Provinsi Bali tahun 2018 mengemukakan bahwa persentase bayi yang memiliki berat badan lahir rendah yaitu terendah 0,11% dan tertinggi sebesar 6,28%. Bayi dengan berat badan lahir rendah ditimbang dalam waktu satu jam pertama setelah bayi lahir dengan berat kurang dari 2.500 gram. Bayi dengan berat badan lahir rendah (BBLR) biasanya dapat terjadi pada bayi prematur, serta pada bayi yang mengalami hambatan pertumbuhan selama kehamilan. Bayi dengan BBLR memiliki kecenderungan menuju peningkatan terjadinya infeksi dan mudah terserang komplikasi, selain itu bayi juga dapat memiliki masalah gangguan pada sistem pernapasan, susunan saraf pusat, ginjal, dan lainnya. Di Provinsi Bali menurut Dinas Kesehatan Provinsi Bali tahun 2018 bayi dengan BBLR tertinggi terjadi di Kabupaten Buleleng yaitu pada Kecamatan Tejakula sedangkan bayi dengan BBLR terendah ditemukan di Kabupaten Badung tepatnya di Kecamatan Kuta Utara.

Kecamatan Kuta Utara merupakan kecamatan dengan persentase tertinggi pemberian cakupan vitamin A pada balita (6-59 bulan) dengan 35 kecamatan lainnya. Sedangkan terdapat persentase terendah pemberian cakupan vitamin A pada balita yaitu sebesar 94,48% dari 100% terjadi pada Kabupaten Buleleng yaitu di Kecamatan Sukasada. Pemberian vitamin A pada balita selain bermanfaat pada kesehatan mata juga dapat meningkatkan daya tahan tubuh balita dari penyakit. Pemberian vitamin A dilaksanakan di posyandu setiap enam bulan sekali yaitu pada bulan Februari dan bulan Agustus. Terdapat dua jenis vitamin A yang diberikan, yaitu yang berwarna biru untuk balita usia 6-11 bulan dan yang berwarna merah untuk balita usia 12-59 bulan. Selain pemberian vitamin A pada balita pemberian ASI eksklusif juga sangatlah penting untuk tumbuh kembang anak. Ditemukan persentase bayi yang mendapat ASI eksklusif tertinggi sebesar 92,56% terjadi di Kabupaten Jembrana yaitu pada Kecamatan Negara dan terendah sebesar 45,36% terjadi di Kota Denpasar yaitu pada Kecamatan Denpasar Timur. Pemberian ASI eksklusif pada bayi dari baru lahir sampai umur 6 bulan bertujuan untuk menjamin pemenuhan pertumbuhan dan perkembangan

bayi dikarenakan ASI mengandung kolostrum yang kaya akan antibodi karena mengandung protein untuk daya tahan tubuh dan pembunuh kuman dalam jumlah tinggi sehingga pemberian ASI eksklusif dapat mengurangi risiko kematian pada bayi (Dinas Kesehatan Provinsi Bali, 2018).

Pelayanan kesehatan balita adalah pelayanan kesehatan pada anak umur 12-59 bulan meliputi pemantauan pertumbuhan dan perkembangan anak. Pemantauan pertumbuhan minimal delapan kali setahun dilakukan dengan pengukuran berat badan tertinggi badan/panjang badan dan pelayanan kesehatan seperti pemberian vitamin A dua kali setahun pada setiap bulan Februari dan Agustus. Pemantauan perkembangan minimal dua kali setahun meliputi perkembangan gerak kasar, gerak halus, bicara dan bahasa, daya dengar dan daya lihat serta sosialisasi dan kemandirian dimana pemantauan perkembangan anak ini dilaksanakan melalui pelayanan Stimulasi, Deteksi dan Intervensi Dini Tumbuh Kembang (SDIDTK) minimal dua kali setahun (setiap 6 bulan). Pelayanan SDIDTK dilaksanakan oleh tenaga kesehatan, ahli gizi, penyuluh kesehatan masyarakat dan petugas sektor lain yang dalam menjalankan tugasnya melakukan stimulasi dan deteksi dini penyimpangan tumbuh kembang anak. Oleh karena itu pelayanan kesehatan balita disetiap Kabupaten/Kota di Provinsi Bali harus terlaksana dengan baik dan merata, seperti pada Kabupaten Bangli yaitu pada Kecamatan Kintamani dengan persentase pelayanan kesehatan balita tertinggi sebesar 46,99% sedangkan persentase terendah sebesar 3,96% terjadi di Kabupaten Tabanan yaitu pada Kecamatan Selemadeg. Selain itu, program Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM) juga merupakan pendekatan untuk mengubah perilaku higienis dan saniter dengan tujuan untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 3 Tahun 2014 tentang Sanitasi Total Berbasis Masyarakat dalam pelaksanaannya berpedoman pada lima pilar yakni: stop buang air besar sembarangan, cuci tangan pakai sabun, pengelolaan air minum dan makanan rumah tangga, pengamanan sampah rumah tangga, dan pengamanan limbah cair rumah tangga. Menurut data Dinas Kesehatan Provinsi Bali tahun 2018 persentase desa yang melaksanakan sanitasi total berbasis masyarakat terendah dengan persentase sebesar 0% terjadi di Kota Denpasar pada Kecamatan

Denpasar Barat selain itu di Kota Denpasar juga terjadi persentase tertinggi desa yang melaksanakan sanitasi total berbasis masyarakat sebesar 100% yaitu di Kecamatan Denpasar Utara, Denpasar Timur dan 39 kecamatan lainnya di Provinsi Bali.

Persentase penanganan komplikasi neonatal tertinggi berdasarkan Tabel 1 sebesar 100% terjadi di Kabupaten Gianyar pada Kecamatan Payangan sedangkan persentase penanganan komplikasi neonatal terendah sebesar 7,85% terjadi di Kabupaten Buleleng pada Kecamatan Kubutambahan. Berdasarkan deskripsi data yang telah diuraikan, terdapat 57 objek penelitian pada kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali sehingga regresi nonparametrik yang dapat digunakan yaitu regresi nonparametrik *Spline*, dengan pengaplikasian regresi nonparametrik *Spline* tepat menggunakan basis *B-Spline* untuk menghindari matriks singular.

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

Pemilihan titik *knot* optimal pada regresi nonparametrik *B-Spline* pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan Program R-3.6.1. Selanjutnya diuraikan pemilihan titik *knot* pada masing-masing orde hanya dengan 5 kombinasi yang menghasilkan GCV paling minimum seperti pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh titik *knot* optimal menggunakan regresi nonparametrik *B-Spline* berada pada orde 3 dengan 5 titik *knot*. Titik-titik *knot* optimal berturut-turut terletak pada titik $X_1=2.43, 2.64, 3.33, 3.4$ dan $3.61, X_2=97.73, 97.94, 99.03, 99.22$ dan $99.39, X_3=64.71, 66.91, 69.43, 70.87$ dan $72.26, X_4=9.65, 9.86, 12.59, 15.90$ dan $16.72, X_5=59.01, 66.65, 70, 72.73$ dan $80.50, X_6=42.70, 46.05, 61.65, 66.73$ dan 67.40 menghasilkan GCV yang paling minimum sebesar 6614,65 serta nilai MSE paling minimum sebesar 841. Adapun model terbaik yang terbentuk dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 441 + 5B_{-2,3}(X_1) + 355B_{-1,3}(X_1) - 21B_{0,3}(X_1) + 114B_{1,3}(X_1) + 191B_{2,3}(X_1) - 169B_{3,3}(X_1) + 260B_{4,3}(X_1) + 21B_{5,3}(X_1) + 52B_{-2,3}(X_2) - 589B_{-1,3}(X_2) + 151B_{0,3}(X_2) - 93B_{1,3}(X_2) - 63B_{2,3}(X_2) - 474B_{3,3}(X_2) + 96B_{4,3}(X_2) - 111B_{5,3}(X_2) - 38B_{-2,3}(X_3) - 97B_{-1,3}(X_3) - 119B_{0,3}(X_3) - 241B_{1,3}(X_3) - 185B_{2,3}(X_3) - 82B_{3,3}(X_3) - 65B_{4,3}(X_3) - 165B_{5,3}(X_3) - 412B_{-2,3}(X_4) - 316B_{-1,3}(X_4) + 154B_{0,3}(X_4) - 98B_{1,3}(X_4) - 43B_{2,3}(X_4) + 381B_{3,3}(X_4) - 37B_{4,3}(X_4) - 56B_{5,3}(X_4) - 26B_{-2,3}(X_5) - 161B_{-1,3}(X_5) - 12B_{0,3}(X_5) + 30B_{1,3}(X_5) - 264B_{2,3}(X_5) - 167B_{3,3}(X_5) + 156B_{4,3}(X_5) - 146B_{5,3}(X_5) - 94B_{-2,3}(X_6) - 4B_{-1,3}(X_6) - 220B_{0,3}(X_6) - 215B_{1,3}(X_6) - 145B_{2,3}(X_6) - 145B_{3,3}(X_6) - 165B_{4,3}(X_6) - 92B_{5,3}(X_6)$$

Tabel 2. Nilai GCV Minimum, Titik *Knot* dan Orde Optimum pada Regresi Nonparametrik *B-Spline*.

Banyaknya Titik <i>Knot</i>	Orde	GCV
1	2	6775,07
2		6690,94
3		7182,97
4		7443,88
5		6636,04
1	3	6693,51
2		6625,73
3		7222,64
4		6667,67
5		6614,65
1	4	7005,58
2		6740,32
3		6903,79
4		7148,79
5		6967,52

3.3 Interpretasi Model Regresi Nonparametrik *B-Spline* Kuadratik dengan Lima Titik *Knot*

Interpretasi dari model terbaik regresi nonparametrik *B-Spline* diuraikan dengan mempertimbangkan nilai dari basis *B-Spline* yang diperoleh sehingga interpretasi model dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Apabila variabel X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 diasumsikan tetap, maka persentase berat bayi lahir rendah (BBLR) (X_1) terhadap jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan ke- i di Provinsi Bali (Y_i) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 441 + 5B_{-2,3}(X_1) \tag{8}$$

dengan

$$B_{-2,3}(X_1) = \begin{cases} \left(\frac{(2,43-X_1)}{2,32}\right)^2, & 0,11 \leq X_1 < 2,43 \\ 0, & 2,43 \leq X_1 < 2,64 \\ 0, & 2,64 \leq X_1 < 3,33 \\ 0, & 3,33 \leq X_1 < 3,4 \\ 0, & 3,4 \leq X_1 < 3,61 \\ 0, & 3,61 \leq X_1 < 6,28 \\ 0, & \text{untuk } X_1 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 441 + 21B_{5,3}(X_1) \quad (9)$$

dengan

$$B_{5,3}(X_1) = \begin{cases} \left(\frac{(X_1 - 3,61)}{2,67}\right)^2, & 3,61 \leq X_1 < 6,28 \\ 0, & \text{untuk } X_1 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase BBLR pada kecamatan ke- i di Provinsi Bali bernilai minimum yaitu 0,11%, maka nilai minimum tersebut disubstitusikan ke persamaan (8) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut meningkat sebanyak 5 kasus. Selain itu, ketika persentase BBLR pada kecamatan ke- i di Provinsi Bali bernilai maksimum yaitu 6,28%, maka nilai maksimum tersebut juga disubstitusi ke persamaan (9) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut meningkat sebanyak 21 kasus. Dengan demikian, ketika persentase berat bayi lahir rendah (BBLR) meningkat, maka akan menurunkan jumlah kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali.

2. Apabila variabel X_1, X_3, X_4, X_5, X_6 diasumsikan tetap, maka persentase cakupan balita yang mendapat vitamin A (X_2) terhadap jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan ke- i di Provinsi Bali (Y_i) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 441 + 52B_{-2,3}(X_2) \quad (10)$$

dengan

$$B_{-2,3}(X_2) = \begin{cases} \left(\frac{(97,73 - X_2)}{3,27}\right)^2, & 94,46 \leq X_2 < 97,73 \\ 0, & 99,73 \leq X_2 < 97,94 \\ 0, & 97,94 \leq X_2 < 99,03 \\ 0, & 99,03 \leq X_2 < 99,22 \\ 0, & 99,22 \leq X_2 < 99,39 \\ 0, & 99,39 \leq X_2 < 100 \\ 0, & \text{untuk } X_2 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 441 - 111B_{5,3}(X_2) \quad (11)$$

dengan

$$B_{5,3}(X_2) = \begin{cases} \left(\frac{(X_2 - 99,39)}{0,61}\right)^2, & 99,39 \leq X_2 < 100 \\ 0, & \text{untuk } X_2 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase cakupan balita yang mendapat vitamin A pada kecamatan ke- i di Provinsi Bali bernilai minimum yaitu 94,46%, maka nilai minimum tersebut disubstitusikan ke persamaan (10) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut meningkat sebanyak 51 kasus. Selain itu, ketika persentase cakupan balita yang mendapat vitamin A pada kecamatan ke- i di Provinsi Bali bernilai maksimum yaitu 100%, maka nilai maksimum tersebut juga disubstitusi ke persamaan (11) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut berkurang sebanyak 111. Dengan demikian, ketika persentase cakupan balita yang mendapat vitamin A meningkat, maka akan menurunkan jumlah kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali.

3. Apabila variabel X_1, X_2, X_4, X_5, X_6 diasumsikan tetap, maka persentase bayi yang mendapat ASI eksklusif (X_3) terhadap jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan ke- i di Provinsi Bali (Y_i) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 441 - 38B_{-2,3}(X_3) \quad (12)$$

dengan

$$B_{-2,3}(X_3) = \begin{cases} \left(\frac{(64,71 - X_3)}{19,35}\right)^2, & 45,36 \leq X_3 < 64,71 \\ 0, & 64,71 \leq X_3 < 66,91 \\ 0, & 66,91 \leq X_3 < 69,43 \\ 0, & 69,43 \leq X_3 < 70,87 \\ 0, & 70,87 \leq X_3 < 72,26 \\ 0, & 72,26 \leq X_3 < 92,56 \\ 0, & \text{untuk } X_3 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 441 - 165B_{5,3}(X_3) \quad (13)$$

dengan

$$B_{5,3}(X_3) = \begin{cases} \left(\frac{(X_3 - 72,26)}{20,3}\right)^2, & 72,26 \leq X_3 < 92,56 \\ 0, & \text{untuk } X_3 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase bayi yang mendapat ASI eksklusif pada kecamatan ke- i di Provinsi Bali bernilai minimum yaitu 45,36%, maka nilai minimum tersebut

disubstitusikan ke persamaan (12) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut berkurang sebanyak 38 kasus. Selain itu, ketika persentase bayi yang mendapat ASI eksklusif pada kecamatan ke-*i* di Provinsi Bali bernilai maksimum yaitu 92,56%, maka nilai maksimum tersebut juga disubstitusi ke persamaan (13) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut berkurang sebanyak 165 kasus. Dengan demikian, ketika persentase bayi yang mendapat ASI eksklusif meningkat, maka akan menurunkan jumlah kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali.

4. Apabila variabel X_1, X_2, X_3, X_5, X_6 diasumsikan tetap, maka persentase pelayanan kesehatan balita (X_4) terhadap jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan ke-*i* di Provinsi Bali (Y_i) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 441 + 412B_{-2,3}(X_4) \quad (14)$$

dengan

$$B_{-2,3}(X_4) = \begin{cases} \left(\frac{(3,96 - X_4)}{5,69}\right)^2, & 3,96 \leq X_4 < 9,65 \\ 0, & 9,65 \leq X_4 < 9,86 \\ 0, & 9,86 \leq X_4 < 12,56 \\ 0, & 12,56 \leq X_4 < 15,90 \\ 0, & 15,90 \leq X_4 < 16,72 \\ 0, & 16,72 \leq X_4 < 46,99 \\ 0, & \text{untuk } X_4 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 441 - 56B_{5,3}(X_4) \quad (15)$$

dengan

$$B_{5,3}(X_4) = \begin{cases} \left(\frac{(X_4 - 16,72)}{30,27}\right)^2, & 16,72 \leq X_4 < 46,99 \\ 0, & \text{untuk } X_4 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase pelayanan kesehatan balita pada kecamatan ke-*i* di Provinsi Bali bernilai minimum yaitu 3,96%, maka nilai minimum tersebut disubstitusikan ke persamaan (14) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut meningkat sebanyak 412 kasus. Selain itu, ketika persentase pelayanan kesehatan balita pada kecamatan ke-*i* di Provinsi Bali bernilai maksimum yaitu 46,99%, maka nilai maksimum tersebut juga disubstitusi ke persamaan (15) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada

kecamatan tersebut berkurang sebanyak 56 kasus. Dengan demikian, ketika pelayanan kesehatan balita meningkat, maka akan menurunkan jumlah kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali.

5. Apabila variabel X_1, X_2, X_3, X_4, X_6 diasumsikan tetap, maka persentase sanitasi total berbasis masyarakat (X_5) terhadap jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan ke-*i* di Provinsi Bali (Y_i) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 441 - 26B_{-2,3}(X_5) \quad (16)$$

dengan

$$B_{-2,3}(X_5) = \begin{cases} \left(\frac{(0 - X_5)}{59,10}\right)^2, & 0 \leq X_5 < 59,10 \\ 0, & 59,10 \leq X_5 < 66,65 \\ 0, & 66,65 \leq X_5 < 70 \\ 0, & 70 \leq X_5 < 72,73 \\ 0, & 72,73 \leq X_5 < 80,50 \\ 0, & 80,50 \leq X_5 < 100 \\ 0, & \text{untuk } X_5 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 441 - 146B_{5,3}(X_5) \quad (17)$$

dengan

$$B_{5,3}(X_5) = \begin{cases} \left(\frac{(X_5 - 80,50)}{19,5}\right)^2, & 80,50 \leq X_5 < 100 \\ 0, & \text{untuk } X_5 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase sanitasi total berbasis masyarakat pada kecamatan ke-*i* di Provinsi Bali bernilai minimum yaitu 0%, maka nilai minimum tersebut disubstitusikan ke persamaan (16) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut berkurang sebanyak 26 kasus. Selain itu, ketika persentase sanitasi total berbasis masyarakat pada kecamatan ke-*i* di Provinsi Bali bernilai maksimum yaitu 100%, maka nilai maksimum tersebut juga disubstitusi ke persamaan (17) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut meningkat berkurang sebanyak 146 kasus. Dengan demikian, ketika persentase sanitasi total berbasis masyarakat meningkat, maka akan menurunkan jumlah kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali.

6. Apabila variabel X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 diasumsikan tetap, maka persentase komplikasi neonatal balita (X_6) terhadap jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada

kecamatan ke- i di Provinsi Bali (Y_i) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_i = 441 - 92B_{4,3}(X_5) \quad (18)$$

dengan

$$B_{-2,3}(X_6) = \begin{cases} \left(\frac{(7,85 - X_6)}{34,85}\right)^2, & 7,85 \leq X_6 < 42,70 \\ 0, & 42,70 \leq X_6 < 46,05 \\ 0, & 46,05 \leq X_6 < 61,65 \\ 0, & 61,65 \leq X_6 < 66,73 \\ 0, & 66,73 \leq X_6 < 67,40 \\ 0, & 67,40 \leq X_6 < 100 \\ 0, & \text{untuk } X_6 \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\hat{Y}_i = 441 - 94B_{5,3}(X_6) \quad (19)$$

dengan

$$B_{5,3}(X_6) = \begin{cases} \left(\frac{(X_6 - 67,40)}{32,6}\right)^2, & 67,40 \leq X_6 < 100 \\ 0, & \text{untuk } X_6 \text{ lainnya} \end{cases}$$

Ketika persentase komplikasi neonatal balita pada kecamatan ke- i di Provinsi Bali bernilai minimum yaitu 7,85%, maka nilai minimum tersebut disubstitusikan ke persamaan (18) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut berkurang sebanyak 92 kasus. Selain itu, ketika persentase komplikasi neonatal balita pada kecamatan ke- i di Provinsi Bali bernilai maksimum yaitu 100%, maka nilai maksimum tersebut juga disubstitusi ke persamaan (19) sehingga ditemukan jumlah kasus *pneumonia* pada balita pada kecamatan tersebut berkurang sebanyak 94 kasus. Dengan demikian, ketika persentase komplikasi neonatal balita meningkat, maka akan menurunkan jumlah kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Pada kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali menggunakan regresi nonparametrik *B-Spline* diperoleh model terbaik pada *B-Spline* kuadratik (orde 3) dengan 5 titik knot optimal, dengan nilai GCV sebesar 6614.65 serta nilai MSE sebesar 841 dan koefisien determinasi $R^2 = 0.8778634$. Hal ini menunjukkan bahwa model kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali dengan menggunakan regresi nonparametrik *B-Spline* kuadratik (orde 3) mampu menerangkan 87,79% keragaman jumlah kasus *pneumonia*

balita pada 57 kecamatan di Provinsi Bali tahun 2018, sisanya 12,21% dipengaruhi oleh variabel lain di luar model.

Berdasarkan model yang didapat pada kasus *pneumonia* pada Balita di Provinsi Bali dapat disimpulkan bahwa penurunan persentase pelayanan kesehatan balita dapat meningkatkan kasus *pneumonia* pada balita sebesar 411 kasus di Provinsi Bali, sedangkan persentase balita yang mendapatkan ASI eksklusif dapat menurunkan kasus *pneumonia* sebanyak 165 kasus, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa jika ingin menurunkan kasus *pneumonia* pada balita, haruslah para ibu memberikan ASI eksklusif pada balita serta tenaga kesehatan lebih meningkatkan pemantauan perkembangan dan pertumbuhan anak berusia 12-59 bulan setiap 6 bulan sekali agar kasus *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali dapat menurun.

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengaplikasikan analisis regresi nonparametrik *spline* dengan basis *spline* yang lain seperti basis *I-Spline*, *M-Spline*, *P-Spline* atau yang lain untuk meningkatkan signifikansi model *pneumonia* pada balita di Provinsi Bali.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiantara et al. (2006). Pemodelan B-Spline dan Mars Pada Nilai Ujian Masuk Terhadap IPK Mahasiswa Jurusan Disain Komunikasi Visual Uk. Petra Surabaya. Jurnal Teknik Industri VOL. 8, NO. 1, 1-13.
- Dinas Kesehatan. (2018). *Profil Kesehatan Provinsi Bali*. Denpasar: Dinas Kesehatan Provinsi Bali.
- Eubank, R. L. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Kementerian Kesehatan RI. (2018). *Data dan Informasi Profil Kesehatan Indonesia*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Lyche, T., & Mørken, K. (2008). *Spline Methods Draft*. Department of Informatics Centre of Mathematics for Applications University of Oslo
- Misnadiarly. (2008). Penyakit Infeksi Saluran Napas *Pneumonia* pada Anak Balita, Orang Dewasa, Usia Lanjut : *Pneumonia Atypik dan Pneumonia Atypik Mikobakterium*. Jakarta: Pustaka Obor Populer.