

Pendekatan Spline untuk Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik (Studi Kasus pada Data Angka Kematian Maternal di Jawa Timur)

Nuraziza Arfan dan I Nyoman Budiantara

Jurusan Statistika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: i_nyoman_b@statistika.its.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap angka kematian maternal di Jawa Timur menggunakan regresi nonparametrik spline. Indonesia saat ini menghadapi permasalahan tingginya angka kematian maternal berkaitan dengan target MDGs 2015. Pada tahun 2010 Indonesia menduduki peringkat 51 tertinggi angka kematian maternal di dunia menurut CIA World Factbook. Provinsi Jawa Timur menduduki peringkat ke 5 angka kematian maternal tertinggi di Indonesia. Pendekatan menggunakan regresi nonparametrik spline pada angka kematian maternal di Jawa Timur dapat mengestimasi data yang tidak memiliki pola tertentu. Regresi Spline yang dipilih adalah yang memiliki titik knot dengan nilai GCV minimum yaitu tiga knot. Faktor yang berpengaruh signifikan pada angka kematian maternal adalah persentase ibu hamil yang mendapatkan tablet Fe1, persentase ibu hamil melaksanakan program K1, persentase ibu hamil berisiko tinggi/komplikasi yang ditangani, persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih sehat, persentase penduduk perempuan yang pernah kawin di bawah umur, persentase penduduk perempuan dengan pendidikan paling tinggi SD, persentase balita dengan bidan sebagai penolong pertama kelahiran, dan persentase balita dengan dukun sebagai penolong pertama kelahiran. Regresi spline linier menghasilkan R^2 sebesar 99,8 %.

Kata Kunci—kematian maternal, regresi, spline, nonparametrik, GCV

I. PENDAHULUAN

Kematian maternal di Indonesia merupakan salah satu masalah yang sering diperdebatkan. Angka kematian maternal menjadi salah satu aspek dalam menentukan maju atau tidaknya kesehatan suatu bangsa. Kematian maternal menurut batasan dari *The Tenth Revision of The International Classification of Diseases (ICD-10)* adalah kematian wanita yang terjadi pada saat kehamilan atau dalam 42 hari setelah kehamilan, tidak tergantung dari lama dan lokasi kehamilan, disebabkan oleh apapun yang berhubungan dengan kehamilan, atau yang diperberat oleh kehamilan tersebut, atau penanganannya, akan tetapi bukan kematian yang disebabkan oleh kecelakaan atau kebetulan [1].

Sepuluh dari kematian maternal disebabkan oleh

perdarahan. Dua pertiga dari seluruh kasus perdarahan pascapersalinan dialami oleh para ibu tanpa faktor risiko yang diketahui sebelumnya, dimana perdarahan tersebut memiliki jenis retensio plasenta, dan tidak mungkin memperkirakan ibu mana yang akan mengalami atonia uteri ataupun perdarahan[2]. Perdarahan post-partum yang biasanya terjadi secara mendadak, akan lebih mematikan apabila terjadi pada wanita penderita anemia dan wanita tersebut dapat meninggal dalam waktu kurang dari satu jam [3]. Kematian maternal secara langsung atau tidak langsung sangat berpengaruh terhadap kualitas tumbuh kembang bayi pada masa perinatal, bahkan sampai masa balita dan usia sekolah [4].

Saat ini Indonesia masih menghadapi permasalahan tingginya angka kematian maternal. Menurut Survei Demografi Kesehatan Indonesia, Indonesia memiliki jumlah kematian maternal tertinggi di ASEAN pada tahun 2002-2003 sebesar 307 per 100000 kelahiran. Angka kematian maternal di Indonesia tahun 2007 adalah 228 per 100000 kelahiran pada tahun 2007 dan turun menjadi 220 per 100000 kelahiran pada tahun 2010. Hal tersebut menyebabkan Indonesia menduduki peringkat 51 tertinggi jumlah kematian maternal di dunia menurut CIA *World Factbook* pada tahun 2010 [5]. Akan tetapi, angka kematian maternal meningkat lagi pada tahun 2011 menjadi 228 per 100000 kelahiran, yang membuat angka kematian di Indonesia tertinggi di Asia Tenggara. Sesuai target nasional menurut MDGs (*Millennium Development Goals*) yaitu menurunkan angka kematian maternal sebesar $\frac{3}{4}$ dari angka kematian maternal pada tahun 1990, yaitu 450 per 100000 menjadi 102 per 100000 kelahiran pada tahun 2015.

Langkah yang dapat dilakukan untuk dapat menurunkan angka kematian maternal yaitu dengan mengetahui faktor-faktor penyebabnya, salah satunya menggunakan regresi spline. Regresi Spline pernah dilakukan oleh Merdekawati [6] untuk melakukan pemodelan indikator kemiskinan di provinsi Jawa Tengah menggunakan regresi spline nonparametrik truncated. Dalam penelitian ini menggunakan regresi spline untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian maternal di kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur yang sangat diperlukan untuk perumusan kebijakan berkaitan dengan pencapaian tujuan MDGs.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kematian maternal

Kematian maternal adalah kematian wanita yang terjadi pada saat kehamilan atau dalam 42 hari setelah kehamilan, tidak tergantung dari lama dan lokasi kehamilan, disebabkan oleh apapun yang berhubungan dengan kehamilan, atau yang diperberat oleh kehamilan tersebut, atau penanganannya, akan tetapi bukan kematian yang disebabkan oleh kecelakaan atau kebetulan [7]. Tingginya angka kematian maternal menggambarkan tingkat kesadaran perilaku hidup sehat, status gizi dan kesehatan ibu, kondisi kesehatan lingkungan serta tingkat pelayanan kesehatan terutama pada ibu hamil, ibu melahirkan dan ibu pada masa nifas.

Terdapat tiga macam faktor yang mempengaruhi kematian maternal, yaitu determinan dekat, determinan antara, dan determinan jauh [8]. Determinan dekat merupakan proses yang paling dekat dengan kematian itu sendiri, yaitu kehamilan dan komplikasi dari kehamilan, persalinan dan masa nifas. Komplikasi kehamilan adalah merupakan penyebab langsung kematian maternal, yaitu perdarahan, preeklamsia, eklamsia, dan infeksi. Komplikasi persalinan dan nifas adalah komplikasi yang terjadi menjelang persalinan, terutama adalah perdarahan.

Determinan antara yaitu meliputi status kesehatan ibu (status gizi, anemia, penyakit yang diderita ibu, dan riwayat komplikasi pada kehamilan dan persalinan), status reproduksi, akses terhadap pelayanan kesehatan, dan perilaku penggunaan fasilitas pelayanan kesehatan[9].

Determinan jauh merupakan faktor-faktor yang secara tidak langsung mempengaruhi kematian maternal, yaitu faktor sosiokultural, ekonomi, keagamaan, dan faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam pelaksanaan penanganan kematian ibu. Determinan jauh meliputi tingkat pendidikan, pekerjaan, dan kemiskinan ibu. Ibu yang berpendidikan rendah menyebabkan kurangnya kesadaran mereka tentang bahaya yang akan dialami jika kurang perhatian terhadap kesehatan.

B. Regresi Nonparametrik Spline

Analisis regresi merupakan suatu metode Statistika yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor. Dengan demikian analisis regresi merupakan suatu metode inferensi statistik untuk suatu fungsi regresi atau kurva regresi [10]. Regresi nonparametrik merupakan suatu metode Statistika yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor yang tidak diketahui bentuk fungsinya. Regresi nonparametrik merupakan regresi yang sangat fleksibel dalam memodelkan pola data [11]. Model regresi nonparametrik secara umum seperti dalam (1).

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

(1) dimana y_i adalah variabel respon, x_i adalah variabel prediktor, $f(x_i)$ merupakan fungsi regresi yang polanya tidak diketahui serta $\varepsilon_i \sim \text{IIDN}(0, \sigma^2)$.

Dalam analisis regresi nonparametrik spline, jika terdapat satu variabel respon dan satu variabel prediktor maka regresi tersebut dinamakan regresi nonparametrik spline

univariabel. Sebaliknya, apabila terdapat satu variabel respon dengan lebih dari satu variabel prediktor maka regresi tersebut disebut regresi nonparametrik spline multivariabel [11]. Diberikan data $(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{pj}, y_j)$, hubungan antara $(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{pj})$ dan y_j diasumsikan mengikuti model regresi nonparametrik, Apabila kurva regresi g merupakan model aditif dan dihipotesis dengan fungsi spline maka diperoleh model regresi seperti dalam (2).

$$y_i = \sum_{j=1}^p f_j(x_{ji}) + \varepsilon_i \quad ; i = 1, 2, 3, \dots, n \tag{2}$$

dimana,

$$f_j(x_{ji}) = \sum_{h=1}^q \beta_{hj} x_{ji}^h + \sum_{l=1}^m \beta_{lj} (x_{ji} - K_{lj})_+^q \tag{3}$$

$$\text{dengan } (x_{ji} - K_{lj})_+^q = \begin{cases} (x_{ji} - K_{lj})^q, & x_{ji} \geq K_{lj} \\ 0, & x_{ji} < K_{lj} \end{cases}$$

dan $K_{1j}, K_{2j}, \dots, K_{mj}$ adalah titik - titik knot yang memperlihatkan pola perubahan perilaku dari fungsi pada sub - sub interval yang berbeda.

C. Pemilihan Titik Knot Optimal

Salah satu metode pemilihan titik knot optimal adalah *Generalized Cross Validation* (GCV). Model spline yang terbaik dengan titik knot optimal didapat dari nilai GCV yang terkecil [13]. Fungsi GCV seperti dalam (4).

$$GCV = \frac{MSE}{[n^{-1} \text{trace}(\mathbf{I} - \mathbf{A})]^p} \tag{4}$$

Dimana $MSE(\mathbf{k}) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ dan \mathbf{k} adalah titik knot dan matrik \mathbf{A} diperoleh dari persamaan (5).

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{y}} &= \mathbf{A}\mathbf{y} \\ \mathbf{A} &= \mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}' \end{aligned} \tag{5}$$

D. Pemeriksaan Asumsi Residual

Berikut ini asumsi residual yang harus dipenuhi:

1. Asumsi Residual Independen

Autocorrelation Fuction (ACF) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya independensi atau dependensi pada residual. Persamaan untuk ACF adalah sebagai berikut [12]:

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(e_t, e_{t+k})}{\sqrt{\text{Var}(e_t)}\sqrt{\text{Var}(e_{t+k})}} = \frac{r_k}{r_0} \tag{6}$$

dimana:

- ρ_k = korelasi antara e_t dan e_{t+k}
- r_k = kovarian antara e_t dan e_{t+k}
- r_0 = $\text{Var}(e_t) = \text{Var}(e_{t+k})$

Interval konfidensi dengan batas signifikansi atas dan bawah adalah sebagai berikut:

$$-\frac{z_{\alpha/2}}{\sqrt{n}} < \rho_k < \frac{z_{\alpha/2}}{\sqrt{n}} \tag{7}$$

Bila terdapat lag yang keluar dari batas signifikansi maka dapat dikatakan asumsi independen tidak terpenuhi (adanya autokorelasi).

2. Asumsi Residual Identik

Uji asumsi identik digunakan untuk melihat homogenitas dari variansi residual. Untuk mendeteksi adanya heteroskedastisitas menggunakan uji *Glejser*. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} H_0: \sigma_1^2 &= \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2 \\ H_1: \text{Minimal ada satu } \sigma_i^2 &\neq \sigma^2 \quad ; i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Statistik uji seperti dalam (8).

$$F_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^k (|E_i| - |E|)^2}{k-1} \div \frac{\sum_{i=1}^k (|E_i| - |E|)^2}{n-k} \quad (8)$$

Daerah penolakan: tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}(F_{\alpha; (k-1, n-k)})$ atau $p - value < \alpha$. Nilai s adalah banyaknya parameter model *glejser*.

3. Asumsi Normalitas Residual

Uji ini dilakukan untuk melihat residual mengikuti distribusi normal. Hipotesis yang digunakan untuk pengujian normalitas residual adalah sebagai berikut.

H_0 : Residual mengikuti distribusi normal

H_1 : Residual tidak mengikuti distribusi normal

Statistik uji yang digunakan yaitu uji *Kolmogorov-Smirnov* seperti dalam (9).

$$z_{hitung} = \text{Sup}_x |F_n(x) - F_0(x)| \quad (9)$$

Daerah penolakan: tolak H_0 jika $z_{hitung} > z_{\alpha}$ atau $p - value < \alpha$.

E. Pengujian Parameter Model Regresi

1. Uji Serentak (simultan)

Hipotesis yang digunakan :

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_m = 0$

H_1 : Minimal ada satu $\beta_k \neq 0 ; k=1, 2, \dots, m$

Statistik uji seperti dalam (10).

$$F_{hitung} = \frac{MS_{regresi}}{MS_{error}} = \frac{\sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - \bar{y})^2 / m}{(\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2) / (n-m-1)} \quad (10)$$

Daerah penolakan: tolak H_0 jika F_{hitung} lebih besar daripada $F_{tabel}(F_{\alpha; (m-1, n-m)})$ atau $p - value < \alpha$.

2. Uji Individu

Hipotesis yang digunakan :

$H_0: \beta_h = 0$

$H_1: \beta_h \neq 0 ; h=1, 2, \dots, m$

Statistik uji seperti dalam (11).

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_h}{\sqrt{(X'X)^{-1} \sigma^2}} \quad (11)$$

Daerah penolakan: tolak H_0 jika $|t_{hitung}|$ lebih besar daripada $t_{tabel}(t_{\frac{\alpha}{2}, n-m})$.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari Hasil Survei Sosial Ekonomi Nasional Provinsi Jawa Timur Tahun 2011 dan Tabel Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur 2011. Unit observasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur. Variabel yang digunakan adalah angka kematian maternal (y), persentase ibu hamil yang mendapatkan tablet Fe1 (x_1), persentase ibu hamil melaksanakan program K1 (x_2), persentase ibu hamil berisiko tinggi/komplikasi yang ditangani (x_3), persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih sehat (x_4), persentase penduduk perempuan yang pernah kawin di bawah umur (x_5), persentase penduduk perempuan dengan pendidikan paling tinggi SD (x_6), dan persentase balita dengan bidan sebagai penolong pertama kelahiran (x_7). Langkah-langkah dalam analisis data meliputi.

1. Mendeskripsikan karakteristik kematian maternal.

Tabel 1.

Nilai GCV Dari Model regresi Spline	
Model Regresi Spline Linier	Nilai GCV
1 knot	1763,539
2 knot	925,1711
3 knot	514,5102
Kombinasi 3 knot	450,8456

2. Memodelkan angka kematian maternal kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur dengan pendekatan Spline. Langkah yang digunakan yaitu membuat *scatterplot* antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor, memodelkan variabel respon dengan berbagai model Spline linier dan berbagai titik knot, menentukan titik-titik knot optimal yang didasarkan pada nilai GCV minimum, menetapkan model Spline optimal, melakukan uji IIDN pada residual, dan menguji signifikansi parameter secara serentak dan individu.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Angka Kematian Maternal dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi

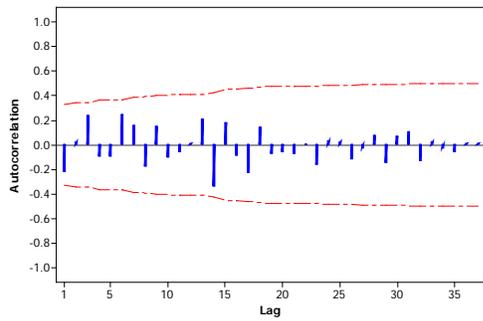
Rata-rata angka kematian maternal (y) di Provinsi Jawa Timur tahun 2011 sebesar 107,51 dengan varians 1502,23. Nilai rata-rata angka kematian maternal 107,51 menggambarkan bahwa bila terdapat 100000 kelahiran bayi hidup pada tahun 2011 maka rata-rata terdapat 107 atau 108 peristiwa kematian maternal di provinsi Jawa Timur pada tahun 2011. Angka kematian maternal terkecil mencapai angka 26,06 dan angka kematian maternal terbesar mencapai 230,64 dari 38 kota/kabupaten di Provinsi Jawa Timur. Hal ini mengindikasikan bahwa angka kematian maternal per 100000 jumlah lahir hidup pada tahun 2011 di Jawa Timur mencapai 26,06 yaitu di kota Madiun hingga 230,64 di kota Probolinggo.

Setelah dibuat *scatterplot* antara y dengan x_1 hingga x_7 dapat diketahui bahwa pola hubungan antara variabel y dengan x_1 hingga x_7 tidak mengikuti pola tertentu sehingga hal ini mengindikasikan bahwa terdapat komponen nonparametrik. Sehingga dapat dilanjutkan pada pemodelan menggunakan regresi spline nonparametrik.

Pemodelan dengan menggunakan regresi spline dilakukan dengan memodelkan 1, 2, 3, dan kombinasi ketiga titik knot. Dari hasil pemodelan dihitung pula nilai GCV dari masing-masing model regresi spline linier. Berikut ditampilkan nilai GCV untuk masing-masing titik knot.

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa model regresi spline yang menghasilkan nilai GCV minimum adalah model regresi spline linier dengan kombinasi antara satu, dua, dan tiga knot. Nilai GCV minimum sebesar 450,8456 dimana terjadi perubahan pola data pada variabel dengan titik knot berikut:

- $x_1 = 66,9551; 97,12653; \text{ dan } 98,56327;$
- $x_2 = 92,39525; 99,33872; \text{ dan } 99,66936;$
- $x_3 = 56,35633; 96,2049; \text{ dan } 98,10245;$
- $x_4 = 10,72011 \text{ dan } 22,78023;$
- $x_5 = 13,07122; 55,08837; \text{ dan } 57,08918;$
- $x_6 = 4,854286 \text{ dan } 6,062857;$
- $x_7 = 45,80694; 86,92408; \text{ dan } 88,88204.$



Gambar 1. ACF Plot

B. Pengujian Asumsi Residual

Uji asumsi residual pada regresi spline serupa dengan uji asumsi residual pada regresi parametrik yaitu residual harus independen, identik, dan berdistribusi normal. Pengujian asumsi independen bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya korelasi antar residual. Salah satu cara untuk mendeteksi ada tidaknya korelasi antar residual adalah dengan ACF plot, yaitu pada Gambar 1.

Dapat dilihat pada Gambar 1 dari autokorelasi lag 1 hingga lag ke 38 berada di dalam batas toleransi sehingga hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat kasus autokorelasi pada residual. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa asumsi residual independen telah terpenuhi. Selanjutnya dilakukan pengujian asumsi residual yang identik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah varians dari residual homogen. Apabila varians residual tidak terpenuhi maka akan mengakibatkan hasil estimasi parameter tidak efisien. Uji hipotesis statistik yang dapat digunakan untuk uji identik ialah uji Glejser yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai statistik uji *F* sebesar 0,538. *P-value* yang dihasilkan pada uji Glejser menunjukkan angka 0,9056. Hal ini mengindikasikan terjadinya gagal tolak H_0 yakni tidak terdapat heteroskedastisitas atau dengan kata lain asumsi identik pada residual telah terpenuhi. Kemudian dilakukan pengujian asumsi residual berdistribusi normal. Untuk menguji asumsi ini digunakan statistik uji Kolmogorov-Smirnov. Dengan menggunakan $\alpha = 0,05$, didapatkan hasil pengujian residual seperti pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh informasi bahwa *P-value* bernilai 0,181 yang nilainya lebih besar dari $\alpha = 0,05$, yang artinya residual telah berdistribusi normal.

C. Pengujian Parameter Model Regresi Spline Yang Terpilih

Pengujian parameter dilakukan dengan dua macam cara yaitu uji serentak dan uji individu. Hipotesis yang digunakan untuk mengetahui pengaruh parameter secara serentak (simultan) terhadap model yang telah diperoleh adalah sebagai berikut.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{26} = 0$$

$$H_1: \text{Minimal ada satu } \beta_k \neq 0 ; k=1, 2, \dots, 26$$

Tabel 4 adalah Tabel ANOVA model regresi spline

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA pada Tabel 4 diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 11,303 dengan *p-value* sebesar 0,00. Jadi dari hasil tersebut dapat diambil keputusan tolak H_0 yang berarti secara uji serentak minimal ada satu parameter model berpengaruh signifikan terhadap model regresi spline linier.

Tabel 2.

ANOVA Uji Glejser					
Sumber Variasi	df	SS	MS	F	<i>P-value</i>
Regresi	26	563,4663	21,67178		
Error	11	443,3184	40,30167	0,538	0,9056
Total	37	1006,785	-		

Tabel 3.

Hasil Uji Kolmogorov Smirnov	
K. Smirnov	<i>P-value</i>
1,096	0,181

Tabel 4.

Tabel ANOVA Model Regresi Spline Linier

Source of Variation	df	SS	MS	F_{hitung}	<i>P-value</i>
Regression	26	53566,22	2060,24	11,303	0,00
Error	11	2005,077	182,28		
Total	37	55571,3			

Tabel 5.

Hasil Pengujian Parameter Secara Individu			
Variabel	Parameter	<i>Coef</i>	<i>P-value</i>
x_1	β_1	89,49	0,000
	β_2	-88,73	0,000
	β_3	113,39	0,001
	β_4	-275,05	0,000
	β_5	5,22	0,000
x_2	β_6	-2,3	0,639
	β_7	311,81	0,834
	β_8	-758,18	0,003
	β_9	-171,88	0,000
x_3	β_{10}	-171,86	0,000
	β_{11}	7,04	0,000
	β_{12}	-28,52	0,088
x_4	β_{13}	-135,01	0,000
	β_{14}	257,49	0,000
	β_{15}	-121,96	0,000
	β_{16}	26,56	0,001
x_5	β_{17}	-28	0,001
	β_{18}	616,6	0,000
	β_{19}	-592,18	0,000
x_6	β_{20}	22	0,174
	β_{21}	-63,33	0,030
	β_{22}	187,51	0,000
	β_{23}	-359,41	0,000
	β_{24}	358,42	0,000
x_7	β_{25}	15,67	0,009
	β_{26}	7,84	0,009

*Signifikan pada $\alpha = 0,05$.

Kemudian dilakukan pengujian parameter secara individu. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_k \neq 0 ; k=1, 2, \dots, 26$$

Tabel 5 adalah hasil pengujian parameter secara individu.

Berdasarkan Tabel 5, parameter $\beta_5, \beta_6, \beta_{11}, \beta_{12}$, dan β_{20} tidak berpengaruh signifikan terhadap model, tetapi parameter $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_7, \beta_8, \beta_9, \beta_{10}, \beta_{13}, \beta_{14}, \beta_{15}, \beta_{16}, \beta_{17}, \beta_{18}, \beta_{19}, \beta_{21}, \beta_{22}, \beta_{23}, \beta_{24}, \beta_{25}$, dan β_{26} signifikan dalam model.

D. Interpretasi Hasil Model Regresi Spline Linier

Dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 5% didapat kesimpulan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian maternal di kabupaten/kota di Jawa Timur pada tahun 2011 adalah persentase ibu hamil yang mendapatkan tablet Fe1 (x_1), persentase ibu hamil melaksanakan program K1 (x_2), persentase ibu hamil berisiko tinggi/komplikasi yang ditangani (x_3), persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih sehat (x_4), persentase penduduk perempuan yang pernah kawin di bawah umur (x_5).

persentase penduduk perempuan dengan pendidikan paling tinggi SD (x_6), dan persentase balita dengan bidan sebagai penolong pertama kelahiran (x_7). Sehingga faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian maternal di Jawa Timur dapat dituliskan pada model regresi spline linier seperti berikut.

$$\begin{aligned} \hat{y} = & -28,67 + 89,49x_1 - 88,73(x_1 - 66,95)_1^2 \\ & + 113,39(x_1 - 97,13)_1^2 - 275,05(x_1 - 98,56)_1^2 + \\ & 5,22x_2 - 2,3(x_2 - 92,4)_1^2 + 311,81(x_2 - 99,34)_1^2 + \\ & -758,18(x_2 - 99,67)_1^2 + 171,88x_3 + \\ & -171,86(x_3 - 56,36)_1^2 + 7,04(x_3 - 96,2)_1^2 + \\ & -28,52(x_3 - 98,1)_1^2 - 135,01x_4 + \\ & 257,49(x_4 - 10,72)_1^2 - 121,96(x_4 - 22,78)_1^2 + \\ & 26,56x_5 - 28(x_5 - 13,07)_1^2 + 616,6(x_5 - 55,1)_1^2 + \\ & -592,18(x_5 - 57,1)_1^2 + 22x_6 - 63,33(x_6 - 4,85)_1^2 + \\ & 187,51(x_6 - 6,06)_1^2 + -359,41x_7 + \\ & 358,42(x_7 - 45,8)_1^2 + 15,67(x_7 - 86,92)_1^2 + \\ & 7,84(x_7 - 88,88)_1^2 \end{aligned}$$

Kemudian, interpretasi dari model spline terbaik adalah apabila variabel x_2 , x_3 , x_4 , x_5 , x_6 , dan x_7 konstan, maka apabila persentase ibu hamil yang mendapatkan tablet Fe1 kurang dari 66,95%, yaitu pada kota Pasuruan, maka jika ibu hamil yang mendapat tablet Fe1 naik sebesar 1% maka angka kematian maternal di kabupaten/kota Jawa Timur akan naik sebesar 89,49. Apabila persentase ibu hamil yang mendapatkan tablet Fe1 berkisar antara 66,95% dan 97,13%, maka jika persentase ibu hamil yang mendapatkan tablet Fe1 naik sebesar 1% maka angka kematian maternal di kabupaten/kota Jawa Timur akan naik sebesar 0,76. Dan bila ibu hamil yang mendapatkan tablet Fe1 lebih dari 98,56% yaitu pada kabupaten Trenggalek, kabupaten Lumajang, Jember, Bondowoso, Sumenep, Mojokerto maka angka kematian maternal akan turun sebesar 160,9. Variabel lainnya dapat diinterpretasikan dengan cara yang sama dengan x_1 .

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian maternal di kabupaten/kota di Jawa Timur pada tahun 2011 adalah persentase ibu hamil yang mendapatkan tablet Fe1 (x_1), persentase ibu hamil melaksanakan program K1 (x_2), persentase ibu hamil berisiko tinggi/komplikasi yang ditangani (x_3), persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih sehat (x_4), persentase penduduk perempuan yang pernah kawin di bawah umur (x_5), persentase penduduk perempuan dengan pendidikan paling tinggi SD (x_6), dan persentase balita dengan bidan sebagai penolong pertama kelahiran (x_7). Penelitian ini masih menggunakan program regresi spline linier dengan kombinasi satu, dua, dan tiga knot dengan R^2 sebesar 96,39%. Perlu adanya pengembangan program menjadi orde kuadratik dan kubik dengan menggunakan kombinasi knot.

Saran yang dapat diberikan berkaitan dengan penelitian ini adalah perlunya dikembangkan regresi nonparametrik spasial karena adanya perubahan pola pada tiap kabupaten/kota sehingga mempengaruhi interpretasi, serta diharapkan adanya upaya peningkatan kualitas pembangunan dari pemerintah dalam peningkatan mutu pelayanan kesehatan, serta kesejahteraan sumber daya manusia dari segi ekonomi dan sosial untuk menekan peningkatan angka kematian maternal. Harap adanya perbedaan pada kebijakan yang diberikan oleh masing-masing daerah sesuai dengan hasil yang didapatkan

karena pola data tiap wilayah pada masing-masing variabel prediktor berubah tiap interval knot atau perpotongan data yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Safrudin dan Hamidah. 2009. *Kebidanan Komunitas*. Jakarta: EGC.
- [2] World Health Organization (WHO). 2010. *Trends in Maternal Mortality: 1990 to 2010*. Geneva.
- [3] Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur. 2011. *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur*. Surabaya : Dinkes Jatim.
- [4] CIA, 2010. *World Factbook*. <URL: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2223rank.html>> [15 Juli 2013]
- [5] Kusumawati, Dita Ayu. 2012. *Gambaran Faktor Penyebab Kematian Maternal di Wilayah Kerja Dinas Kesehatan Kabupaten Magetan Tahun 2010*. Magetan: Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya
- [6] Merdekawati, Inggar Putri. 2012. *Pemodelan Regresi Spline Truncated Multivariabel Pada Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kemiskinan di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [7] Badan Pusat Statistik Jawa Timur. 2011. *Survey Sosial Ekonomi Nasional Jawa Timur*, Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur Surabaya.
- [8] Srianingsih. 2011. Beberapa Faktor Determinan yang Meningkatkan Risiko Terjadinya Kematian Ibu Akibat Perdarahan di Pulau Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat: Studi Kasus-Kontrol. Denpasar: Universitas Udayana
- [9] Royston, Erica. 1994. *Pencegahan Kematian Ibu Hamil*. Jakarta: Perkumpulan Perinatologi Indonesia Indonesia (perinasia) dan Binarupa Aksara.
- [10] Eubank, R. L. 1999, *Spline Smoothing and Nonparametric Regression*, Marcel Dekker, New York.
- [11] Budiantara, I.N.. 2005. *Model Keluarga Spline Polinomial Truncated dalam Regresi Semiparametrik*. Surabaya: Berkala MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [12] Wei, W.W.S., 1990. *Time Series Univariate and Multivariate Methods*. Canada: Addison Wesley Publishing Company, Inc.