

Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Angka Harapan Hidup di Jawa Timur Menggunakan Regresi Semiparametrik Spline

Ayuk Putri Sugiantari dan I Nyoman Budiantara

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh
Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

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

Abstrak—Angka Harapan Hidup (AHH) merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk menilai derajat kesehatan penduduk. Menurut Statistics Indonesia, angka harapan hidup pada saat lahir (*life expectancy at birth*) ialah rata-rata tahun hidup yang akan dijalani oleh bayi yang baru lahir pada suatu tahun tertentu. Angka Harapan Hidup di suatu wilayah berbeda dengan wilayah lainnya tergantung dari kualitas hidup yang mampu dicapai oleh penduduk. Banyak faktor yang mempengaruhi Angka Harapan Hidup di Provinsi Jawa Timur, sehingga perlu dilakukan pemodelan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang secara signifikan mempengaruhi Angka Harapan Hidup. Penelitian ini menggunakan 6 faktor yang diduga mempengaruhi Angka Harapan Hidup di Jawa Timur yang meliputi faktor sosial, ekonomi, kesehatan, dan pendidikan. Data Angka Harapan Hidup dan 6 faktor tersebut merupakan data tahun 2010 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Jawa Timur. Metode yang digunakan untuk memodelkan Angka Harapan Hidup ialah regresi semiparametrik spline. Adapun variabel yang memberikan pengaruh signifikan adalah angka kematian bayi, persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan, dan variabel persentase balita berusia 1-4 tahun yang mendapatkan imunisasi lengkap.

Kata Kunci— angka harapan hidup, regresi semiparametrik, spline.

I. PENDAHULUAN

Derajat kesehatan masyarakat yang tinggi dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan program kesehatan dan program pembangunan sosial ekonomi yang secara tak langsung dapat meningkatkan angka harapan hidup. Menurut *Statistics Indonesia*, angka harapan hidup pada saat lahir (*life expectancy at birth*) ialah rata-rata tahun hidup yang akan dijalani oleh bayi yang baru lahir pada suatu tahun tertentu. Angka harapan hidup penduduk Indonesia tahun 2010 menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia sebesar 69,43. Sedangkan angka harapan hidup penduduk Jawa Timur berdasarkan Survey Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) terus mengalami peningkatan sejak tahun 2007 sebesar 68,9 hingga 2010 yang mencapai 69,6. Walaupun secara keseluruhan Angka Harapan Hidup Jawa Timur mengalami peningkatan, namun terdapat 9 kabupaten di Jawa Timur yang memiliki Angka Harapan Hidup di bawah 65. Meningkatnya atau menurunnya angka harapan hidup tidak lepas dari berbagai faktor yang mempengaruhi. Sehingga perlu dilakukan

identifikasi faktor-faktor yang secara rasional mempengaruhi angka harapan hidup, salah satunya dengan melakukan pemodelan.

Penelitian sebelumnya mengenai angka harapan hidup pernah dilakukan oleh Cleries dkk [1] yang melakukan penelitian untuk mengetahui tren laju kematian penduduk Spanyol tahun 1977 hingga 2001 dan dampaknya terhadap angka harapan hidup menggunakan *Bayesian Age Period Cohort (APC)*. Lusi [2] juga melakukan penelitian yang memodelkan angka harapan hidup di Jawa Timur dan Jawa Tengah menggunakan metode *Geographically Weighted Regression (GWR)*. Sementara itu, Rakhmawati [3] juga melakukan penelitian mengenai angka harapan hidup di Jawa Barat menggunakan regresi panel. Halicioğlu [4] melakukan penelitian untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi angka harapan hidup di Turki dengan pendekatan *Autoregressive Distributed Lag (ARDL)*.

Metode lainnya yang dapat digunakan untuk memodelkan angka harapan hidup ialah regresi semiparametrik spline. Terdapat beberapa peneliti yang telah menerapkan metode regresi semiparametrik spline yakni Gilboa dkk [5] yang melakukan penelitian mengenai hubungan antara indeks berat badan ibu sebelum hamil dengan hasil kehamilan yang tidak baik pada studi bayi di Baltimore-Washington. Asmin [6] yang memodelkan nilai unas IPA di SMA Negeri 1 Grati, Pasuruan. Kim dkk [7] yang melakukan penelitian pada kasus meningitis anak. Bandyopadhyay dan Maity [8] yang memodelkan rataan aliran air tahunan di Sungai Sabine.

Terdapat dua permasalahan dalam penelitian ini yaitu bagaimana karakteristik angka harapan hidup serta faktor-faktor yang diduga mempengaruhi dan bagaimanakah pemodelan angka harapan hidup menggunakan regresi semiparametrik spline. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah menggunakan *Generalized Cross Validation (GCV)* dalam pemilihan titik knot optimal pada spline linear 1 knot, 2 knot, dan 3 knot.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Regresi Nonparametrik

Regresi nonparametrik adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dan prediktor dimana fungsi dari kurva regresi tidak diketahui. Kurva regresi hanya diasumsikan halus (*smooth*)

dalam arti termuat dalam suatu ruang fungsi tertentu. Salah satu contoh regresi nonparametrik ialah regresi nonparametrik spline *truncated*. Model regresi nonparametrik spline *truncated* secara umum dapat ditulis dengan Persamaan (1).

$$y_i = f(t_{iq}) + \varepsilon_i \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$; q = 1, 2, \dots, Q$$

dengan $f(t_{iq})$ merupakan fungsi spline berorde p dengan titik knot k_1, k_2, \dots, k_r yang dapat dituliskan dengan persamaan berikut.

$$f(t_{iq}) = \sum_{j=0}^p \gamma_j t_{iq}^j + \sum_{l=1}^r \gamma_{p+l} (t_{iq} - k_l)_+^p \quad (2)$$

$(t_{iq} - k_l)_+^p$ merupakan fungsi *truncated* (potongan) yang dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$(t_{iq} - k_l)_+^p = \begin{cases} (t_{iq} - k_l)^p & , t_{iq} \geq k_l \\ 0 & , t_{iq} < k_l \end{cases} \quad (3)$$

Bila Persamaan (2) disubstitusikan ke Persamaan (1) akan menghasilkan model regresi nonparametrik spline sebagai berikut.

$$y_i = \sum_{j=0}^p \gamma_j t_{iq}^j + \sum_{l=1}^r \gamma_{p+l} (t_{iq} - k_l)_+^p + \varepsilon_i \quad (4)$$

Estimator spline terbaik diperoleh dengan menggunakan titik knot optimal. Titik knot merupakan titik perpaduan bersama dimana terdapat perubahan pola perilaku fungsi atau kurva. Titik knot optimal dapat diperoleh dengan menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV).

$$GCV(k) = \frac{MSE(k)}{[n^{-1} \text{trace}(\mathbf{I} - \mathbf{A}(k))]^2} \quad (5)$$

dengan: $MSE(k) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$

$$\mathbf{A}(k) = \mathbf{X}(k) (\mathbf{X}(k)' \mathbf{X}(k))^{-1} \mathbf{X}(k)'$$

B. Regresi Semiparametrik

Regresi semiparametrik merupakan salah satu metode Statistika yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dan prediktor dimana sebagian pola data diketahui bentuknya dan sebagian lagi tidak diketahui bentuknya. Misalkan terdapat data berpasangan x_i, y_i, t_i dan hubungan antara x_i, y_i dan t_i diasumsikan mengikuti model regresi semiparametrik sebagai berikut.

$$y_i = x_{ik} \beta + f(t_{iq}) + \varepsilon_i, \quad t_{iq} \in [a, b], \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$k = 1, 2, \dots, m$$

$$q = 1, 2, \dots, Q$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder tahun 2010 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik yakni pada Laporan Eksekutif Kesehatan Jawa Timur 2011, Laporan Eksekutif Pendidikan Jawa Timur 2011, Survey Sosial Ekonomi Nasional Jawa Timur 2011,

dan PDRB Kabupaten/Kota Se-Jawa Timur 2006-2010. Unit observasi yang digunakan dalam penelitian ini ialah 38 kabupaten/kota di provinsi Jawa Timur.

B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan antara lain angka harapan hidup (y), angka kematian bayi (x_1), angka buta huruf penduduk usia 10 tahun keatas (x_2), persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan (t_1), laju pertumbuhan ekonomi (t_2), persentase balita berusia 1-4 tahun yang mendapatkan imunisasi lengkap (t_3), dan tingkat partisipasi angkatan kerja (t_4).

C. Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Membuat Statistika deskriptif dari masing-masing variabel untuk mengetahui karakteristik masing-masing kota/kabupaten di Jawa Timur.
2. Membuat *scatter plot* antara variabel prediktor dengan variabel respon untuk mengetahui perilaku pola data.
3. Memodelkan Angka Harapan Hidup di Jawa Timur dengan spline linear 1 knot, 2 knot, dan 3 knot.
4. Memilih titik knot optimal menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV) dimana titik knot optimal berkaitan dengan GCV terkecil.
5. Memodelkan Angka Harapan hidup di Jawa Timur menggunakan spline dengan titik knot optimal.
6. Melakukan uji parameter dengan menggunakan uji serentak dan uji individu.
7. Melakukan *goodness of fit* yaitu uji asumsi residual yakni uji identik menggunakan *scatter plot* dan uji Glejser, uji independen menggunakan *scatterplot* dan *Autocorrelation fuction*, serta uji normalitas menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov.
8. Melakukan interpretasi model dan menarik kesimpulan.

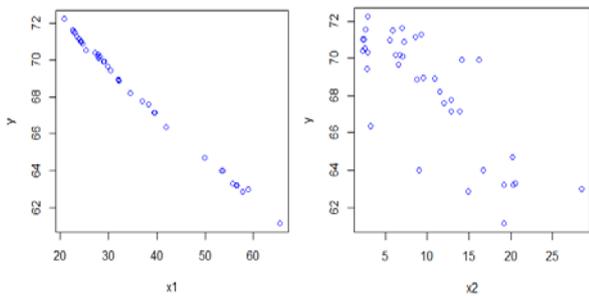
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Angka Harapan Hidup dan faktor yang diduga Mempengaruhi

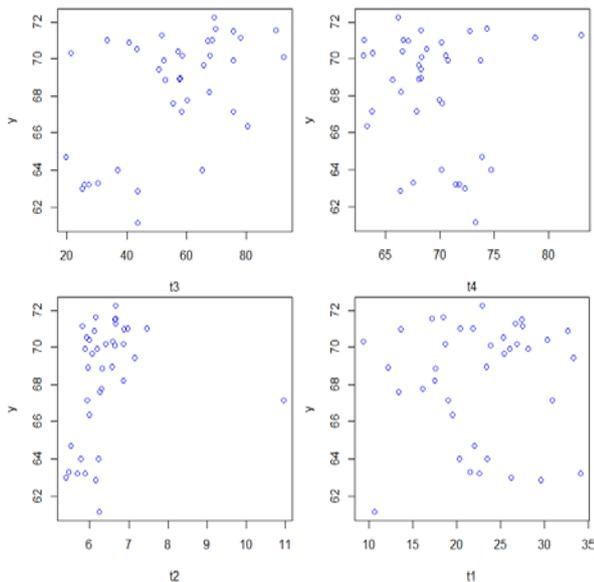
Karakteristik angka harapan hidup beserta faktor-faktor yang diduga mempengaruhi di Provinsi Jawa Timur meliputi nilai rata-rata, varians, nilai minimum, dan nilai maksimum yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.
Karakteristik Angka Harapan Hidup dan Faktor yang diduga Mempengaruhi

Variabel	Rata-rata	Varians	Minimum	Maximum
y	68,271	9,974	61,13	72,23
x_1	35,6	167,81	20,94	65,45
t_1	22,52	39,53	9,38	34,1
t_2	6,404	0,806	5,4	10,97
t_3	55,57	360,53	19,78	92,44
t_4	69,388	18,225	63	83
x_2	10,14	42,88	2,33	28,48



Gambar. 1. Scatterplot antara Angka Harapan Hidup (y) dengan Variabel x_1 dan x_2



Gambar. 2. Scatterplot antara Angka Harapan Hidup (y) dengan Variabel t_1, t_2, t_3 dan t_4

B. Scatterplot Antara Angka Harapan Hidup dengan Faktor yang diduga Mempengaruhi

Pola hubungan yang terbentuk antara angka harapan hidup dengan variabel x_1 dan x_2 divisualisasikan pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan bahwa hubungan yang terbentuk antara angka harapan hidup dengan variabel x_1 dan x_2 adalah linear. Sehingga dapat dikatakan terdapat komponen parametrik yang ditandai dengan diketahuinya fungsi dari kurva regresi.

Gambar 2 menunjukkan pola hubungan yang terbentuk antara angka harapan hidup dengan keempat variabel tersebut tidak membentuk pola tertentu. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat komponen nonparametrik dimana fungsi dari kurva regresi tidak diketahui.

C. Model Regresi Semiparametrik Spline

Model regresi semiparametrik spline untuk 1 titik knot ditunjukkan pada Persamaan (7).

$$y_i = \varphi + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \gamma_1 t_{i1} + \gamma_2 (t_{i1} - k_1)_+ + \alpha_1 t_{i2} + \alpha_2 (t_{i2} - k_1)_+ + \delta_0 + \delta_1 t_{i3} + \delta_2 (t_{i3} - k_1)_+ + \tau_0 + \tau_1 t_{i4} + \tau_2 (t_{i4} - k_1)_+ + \varepsilon_i \tag{7}$$

Model regresi semiparametrik spline untuk 2 titik knot dijabarkan pada Persamaan (8).

$$y_i = \varphi + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \gamma_1 t_{i1} + \gamma_2 (t_{i1} - k_1)_+ + \gamma_3 (t_{i1} - k_2)_+ + \alpha_1 t_{i2} + \alpha_2 (t_{i2} - k_1)_+ + \alpha_3 (t_{i2} - k_2)_+ + \delta_1 t_{i3} + \delta_2 (t_{i3} - k_1)_+ + \tau_1 t_{i4} + \tau_2 (t_{i4} - k_1)_+ + \tau_3 (t_{i3} - k_2)_+ + \varepsilon_i \tag{8}$$

Model regresi semiparametrik spline untuk 3 titik knot

Tabel 2. Nilai GCV Menggunakan 1 Titik Knot, 2 Titik knot, 3 Titik knot, dan Kombinasi Knot

No.	Knot	GCV
1	1 Titik Knot	0,039636
2	2 Titik Knot	0,027702
3	3 Titik Knot	0,02941
4	Kombinasi Knot	0,027599

Cetak tebal- Nilai knot yang menghasilkan GCV terendah.

Tabel 3.

ANOVA					
Sumber Variasi	df	SS	MS	F	P-value
Regresi	16	368,645	23,040		
Error	21	0,3842	0,0183	1259,325	0,00
Total	37	369,029	-		

disajikan dalam Persamaan (9).

$$y_i = \varphi + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \gamma_1 t_{i1} + \gamma_2 (t_{i1} - k_1)_+ + \gamma_3 (t_{i1} - k_2)_+ + \gamma_4 (t_{i1} - k_3)_+ + \alpha_1 t_{i2} + \alpha_2 (t_{i2} - k_1)_+ + \alpha_3 (t_{i2} - k_2)_+ + \alpha_4 (t_{i2} - k_3)_+ + \delta_1 t_{i3} + \delta_2 (t_{i3} - k_1)_+ + \delta_3 (t_{i3} - k_2)_+ + \delta_4 (t_{i3} - k_3)_+ + \tau_1 t_{i4} + \tau_2 (t_{i4} - k_1)_+ + \tau_3 (t_{i4} - k_2)_+ + \tau_4 (t_{i4} - k_3)_+ + \varepsilon_i \tag{9}$$

D. Pemilihan Titik Knot Optimal

Pemilihan titik knot optimal dilakukan dengan mencari nilai GCV terendah yang dihasilkan. GCV yang dihasilkan dengan menggunakan 1 titik knot, 2 titik knot, 3 titik knot, dan kombinasi knot ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai GCV minimum dihasilkan pada saat menggunakan kombinasi knot yakni sebesar 0,027599.

E. Pemodelan Angka Harapan Hidup dengan Titik Knot Optimal

Nilai GCV minimum dari nilai-nilai GCV dengan menggunakan 1 titik knot, 2 titik knot, 3 titik knot, dan kombinasi knot dihasilkan pada penggunaan knot kombinasi yakni sebesar 0,027599. Pemodelan angka harapan hidup menggunakan titik knot optimal ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\hat{y} = 78,6496 - 0,2355x_1 - 0,0195x_2 - 0,0089t_1 - 0,1149t_2 + - 0,0029t_3 - 0,0131t_4 + 0,9086(t_1 - 25,5237)_+ + - 0,9906(t_1 - 26,0282)_+ + 0,0943(t_1 - 30,0641)_+ + 0,1322(t_2 - 9,0375)_+ + 0,1244(t_2 - 9,1512)_+ + 0,0622(t_2 - 10,0606)_+ + 0,3067(t_3 - 67,2314)_+ + - 0,3707(t_3 - 68,7143)_+ + 0,1240(t_3 - 80,5771)_+ + 0,0189(t_4 - 67,4898)_+ \tag{10}$$

F. Uji Parameter

Terdapat dua uji estimasi parameter yang dilakukan yakni uji parameter secara serentak dan uji secara individu. Hasil uji estimasi parameter secara serentak disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai statistik uji F sebesar 1259,325 dengan p -value sebesar 0,00. Bila p -value dibandingkan dengan tingkat signifikansi yang digunakan yakni 0,05 maka dapat diambil keputusan tolak H_0 . Sehingga dapat disimpulkan bahwa minimal terdapat satu variabel yang memberikan pengaruh signifikan terhadap model.

Tabel 4.
Uji Individu

Variabel	Parameter	Koefisien	t_{hit}	P -value
-	φ	78,6496	51,4243	0,0000
x_1	β_1	-0,2355	-60,0304	0,000*
x_2	β_2	-0,0195	-1,9770	0,0613
t_1	γ_1	-0,0089	-1,3393	0,1948
	γ_2	0,9086	3,1878	0,004*
	γ_3	-0,9906	-3,0656	0,006*
	γ_4	0,0943	1,1575	0,2601
t_2	α_1	-0,1149	-1,4573	0,1598
	α_2	0,1322	1,1233	0,2739
	α_3	0,1244	1,1233	0,2739
	α_4	0,0622	1,1233	0,2739
t_3	δ_1	-0,0029	-1,2852	0,2127
	δ_2	0,3067	4,2110	0,000*
	δ_3	-0,3707	-4,4350	0,000*
	δ_4	0,1240	4,0525	0,000*
t_4	τ_1	-0,0131	-0,6104	0,5481
	τ_2	0,0189	0,7303	0,4733

*variabel memberikan pengaruh yang signifikan

Tabel 5.
ANOVA Uji Glejser

Sumber Variasi	df	SS	MS	F	P -value
Regresi	16	0,05131	0,00321		
Error	21	0,06237	0,00297	1,0796	0,4275
Total	37	0,11368	-		

Terjadinya tolak H_0 mengindikasikan perlu dilakukan uji individu untuk mengetahui variabel mana saja yang memberikan pengaruh signifikan terhadap model. Hasil uji individu disajikan dalam Tabel 4.

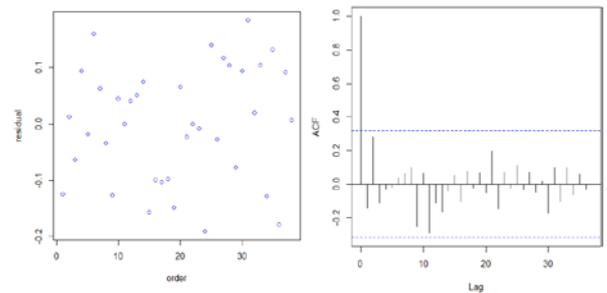
Tabel 4 menunjukkan terdapat 6 parameter yang menghasilkan p -value kurang dari tingkat signifikansi yang digunakan yakni 0,05 yakni parameter dari variabel angka kematian bayi, persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan, dan persentase balita berusia 1-4 tahun yang mendapatkan imunisasi lengkap. Sehingga dapat dikatakan bahwa ketiga variabel tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model.

G. Uji Asumsi Residual

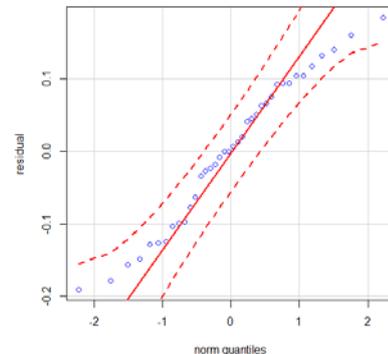
Uji asumsi residual (*goodness of fit*) dilakukan untuk mengetahui apakah residual yang dihasilkan dari model regresi tersebut telah memenuhi asumsi yakni identik, independen, dan berdistribusi normal. Hasil uji identik dapat dilihat pada Tabel 5.

Nilai statistik uji F sebesar 1,0796. P -value yang dihasilkan pada uji Glejser menunjukkan angka 0,4275. Hal ini mengindikasikan terjadinya gagal tolak H_0 yakni tidak terdapat heteroskedastisitas atau dengan kata lain asumsi identik pada residual telah terpenuhi.

Hasil uji independen residual divisualisasikan pada Gambar 3.



Gambar. 3. Scatterplot Residual dengan Order (Kiri) dan Plot ACF (Kanan)



Gambar. 4. QQ Plot dari Residual Model Regresi Semiparametrik Spline

Gambar 3 (kiri) menunjukkan bahwa tidak terdapat pola tertentu yang terbentuk pada sebaran plot. Gambar 3 (kanan) juga menunjukkan bahwa lag ke 1 hingga lag ke 38 berada dalam batas toleransi yang mengindikasikan bahwa residual memenuhi asumsi independen.

Hasil uji distribusi normal residual ditunjukkan oleh QQ plot pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa sebaran plot mengikuti garis lurus (linear) yang mengindikasikan bahwa residual berdistribusi normal. Hasil yang sama juga dijelaskan dengan statistik uji pada uji Kolmogorov Smirnov sebesar 0,093 dan p -value sebesar $>0,150$. P -value yang dihasilkan jauh lebih besar dibandingkan dengan tingkat signifikansi yang digunakan yakni 0,05. Sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan secara statistik bahwa residual berdistribusi normal.

H. Interpretasi Model

Model regresi pada poin IV(E) menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 99,89% yang berarti variabel angka harapan hidup, angka buta huruf penduduk usia 10 tahun keatas, persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan, laju pertumbuhan ekonomi, persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap, dan tingkat partisipasi angkatan kerja mampu menjelaskan variabilitas angka harapan hidup sebesar 99,89%. Interpretasi dari model tersebut dilakukan terhadap variabel yang signifikan. Adapun interpretasi dari model regresi tersebut terhadap variabel x_1 (angka kematian bayi) adalah bila angka kematian bayi naik sebesar satu satuan maka angka harapan hidup cenderung turun sebesar 0,2355 tahun dengan asumsi variabel lain konstan.

Interpretasi model terhadap variabel t_1 yakni persentase

bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan dengan asumsi variabel lain konstan ialah sebagai berikut.

$$\hat{y} = \begin{cases} 78,6496 - 0,0089t_1 & ; t_1 < 25,5237 \\ 55,4588 + 0,8997t_1 & ; 25,5237 \leq t_1 < 26,0282 \\ 81,2423 - 0,0909t_1 & ; 26,0282 \leq t_1 < 30,0641 \\ 78,4073 + 0,0034t_1 & ; t_1 \geq 30,0641 \end{cases} \quad (11)$$

Saat persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan kurang dari 25,5237 maka bila persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan naik sebesar satu persen, angka harapan hidup penduduk Jawa Timur cenderung turun sebesar 0,0089 tahun. Saat persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan terletak pada segmen 25,5237 dan 26,0282 maka bila persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan meningkat satu persen maka angka harapan hidup cenderung naik sebesar 0,8997 tahun. Saat persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan terletak pada segmen 26,0282 dan 30,0641 maka bila persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan naik sebesar 1 persen maka angka harapan hidup cenderung turun sebesar 0,0909 tahun. Sedangkan pada segmen persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan lebih besar atau sama dengan 30,0641 maka bila persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan meningkat 1 persen maka angka harapan hidup cenderung meningkat sebesar 0,0034 tahun.

Interpretasi model berdasarkan variabel t_3 yakni persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap dengan asumsi variabel lain konstan adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = \begin{cases} 78,6496 - 0,0029t_3 & ; t_3 < 67,2314 \\ 53,9959 + 0,3638t_3 & ; 67,2314 \leq t_3 < 68,7143 \\ 81,4683 - 0,0069t_3 & ; 68,7143 \leq t_3 < 80,5771 \\ 71,4767 + 0,1171t_3 & ; t_3 \geq 80,5771 \end{cases} \quad (12)$$

Saat persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap kurang dari 67,2314 maka bila persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap naik sebesar 1 persen, angka harapan hidup penduduk Jawa Timur cenderung menurun sebesar 0,0029 tahun. Pada persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap terletak antara 67,2314 dan 68,7143 maka bila persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap meningkat sebesar 1 persen maka angka harapan hidup cenderung meningkat sebesar 0,3638 tahun. Sedangkan pada segmen ketiga saat persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap terletak antara 68,7143 dan 80,5771 maka bila persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap meningkat sebesar 1 persen maka angka harapan hidup cenderung turun sebesar 0,0069 tahun. Serupa halnya pada segmen pertama hingga ketiga, interpretasi model pada segmen keempat yakni saat persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap lebih besar atau sama dengan 80,5771 adalah bila persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap naik sebesar 1 persen maka angka harapan hidup cenderung naik sebesar 0,1171 tahun.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun variabel yang signifikan berpengaruh terhadap model yakni variabel angka kematian bayi (x_1), persentase bayi berusia 0-11 bulan yang diberi ASI selama 4-6 bulan (t_1), dan persentase balita berusia 1-4 tahun yang diberi imunisasi lengkap (t_3). Model regresi spline tersebut menghasilkan koefisien determinasi sebesar 99,89%.

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah penambahan orde pada model regresi semiparametrik spline baik kuadratik maupun kubik dengan berbagai kombinasi knot.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cleries, "Life Expectancy and Age-Period-Cohort Effects : Analysis and Projections of Mortality in Spain between 1977 and 2016", *Public Health*, 123, (2009), 156-162.
- [2] L. Firdial, *Pemodelan Angka Harapan Hidup di Propinsi Jawa Timur dan Jawa Tengah dengan Metode Geographically Weighted Regression (GWR)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2010.
- [3] D.P. Rakhmawati, *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Angka Harapan Hidup di Provinsi Jawa Barat*, Universitas Gadjah Mada, 2011.
- [4] F. Halicioglu, "Modeling Life Expectancy in Turkey", *Economic Modelling*, 28, (2011) 2075-2082.
- [5] M.S. Gilboa, A. Correa, and J.C. Alverson, "Use of Spline Regression in an Analysis of Maternal Prepregnancy Body Mass Index and Adverse Birth Outcomes: Does It Tell Us More Than We Already Know?", *Ann Epidemiol*, 18, (2008), 196-205.
- [6] S. Asmin, *Pemodelan Nilai Unas IPA dengan Pendekatan Regresi Semiparametrik Spline di SMAN 1 Grati Pasuruan*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, (2010).
- [7] I. Kim, H. Cheong, dan H. Kim, "Semiparametric Regression Models for Detecting Effect Modification in Matched Case-Crossover Studies", *Statistics in Medicine*, (2011).
- [8] S. Bandyopadhyay dan A. Maity, "Analysis of Sabine River Flow Data using Semiparametric Spline Modeling", *Journal of Hydrology*, 399, (2011) 274-280.