

# Pemodelan Regresi Semiparametrik dengan Pendekatan *Spline Truncated* pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Timur

SITI AISYAH MUDAWAMAH<sup>1</sup>, GALUH TYASING SWASTIKA<sup>2</sup>, RISANG NARENDRA<sup>3</sup>,  
MNH QOMARUDIN<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Matematika Fakultas Ilmu Eksakta Universitas Nahdlatul Ulama Blitar, Indonesia  
e-mail: sayyidahaisyah489@gmail.com , galuhtyasing@gmail.com , risang.narendra@gmail.com,  
haqquludin@gmail.com

## ABSTRAK

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah acuan yang berguna sebagai tingkat pengukuran kualitas manusia dan maju atau tidaknya suatu wilayah. Jawa Timur mempunyai jumlah penduduk terbanyak pada tahun 2021, namun hal ini tidak sebanding dengan angka Indeks Pembangunan Manusia yang rendah sehingga menyebabkan ketimpangan pembangunan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk tujuan menganalisis faktor apa saja yang mempengaruhi angka Indeks Pembangunan Manusia menggunakan regresi semiparametrik dengan pendekatan *spline truncated*. Pemilihan titik knot optimum dengan menggunakan kriteria *Generalized Cross Validation* (GCV) minimum. Adapun hasil penelitian ini adalah model regresi semiparametrik terbaik terdapat pada 3 titik knot dengan nilai GCV minimum yaitu 0,019% serta koefisien determinasi sebesar 99,964%. Selain itu, ditunjukkan bahwa variabel angka harapan hidup, rata-rata lama sekolah, harapan lama sekolah, tingkat partisipasi angkatan kerja, dan tingkat pengangguran terbuka merupakan faktor-faktor yang memiliki pengaruh signifikan pada Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur tahun 2021.

*Kata Kunci: IPM, Semiparametrik, Spline Truncated, GCV dan Knot.*

## ABSTRACT

The Human Development Index (IPM) is a useful reference as a measure of the level of human quality and whether or not an area is progressing. East Java has the largest population in 2021, but this is not comparable to the low Human Development Index which causes development inequality. Therefore, research is needed that aims to analyze what factors influence the Human Development Index number using semiparametric regression with a truncated spline approach. Selection of optimal node points using the minimum Generalized Cross Validation (GCV) criteria. The results of this study are that the best semiparametric regression model is found in 3 nodes with a minimum GCV value of 0,019% and a coefficient of determination of 99,964%. In addition, it can be seen that the variables life expectancy, average length of schooling, expected length of schooling, labor force participation rate, and open unemployment rate are factors that have a significant influence on the Human Development Index in East Java in 2021.

*Keywords: Human Development Index, Semiparametric, Spline Truncated, GCV and Knot.*

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan manusia adalah salah satu aspek krusial sebagai tolok ukur kemajuan suatu negara, terutama pada kualitas pembanguan di Indonesia yang tercantum pada Pancasila dan UUD 1945. Pembangunan manusia diukur dari besarnya kualitas manusia di suatu wilayah, dimana kualitas SDM yang baik membantu dalam mewujudkan kehidupan masyarakat makmur dan sejahtera yang berkelanjutan. Peningkatan SDM (Sumber Daya Manusia) digunakan untuk membangun pertahanan eksternal maupun internal. Acuan yang berfungsi dalam pengukuran SDA yaitu melalui angka IPM. Indeks pembangunan manusia menggambarkan tentang bagaimana masyarakat dengan mudah mengakses suatu hal yang berkaitan dengan Pendidikan, vasilitas Kesehatan serta lainnya (BPS, 2022). Dengan melihat angka IPM, maka akan dapat

diketahui maju atau tidaknya suatu wilayah. Seperti pada provinsi Jawa Timur yang merupakan bagian dari negara Indonesia dengan negara maju.

Berdasarkan data BPS Indonesia, (2022) provinsi Jawa Timur sebagai suatu wilayah di Pulau Jawa yang jumlahnya yaitu sebanyak **40.878,8** ribu. Namun nilai IPM provinsi Jawa Timur pada 2021 sebanyak 72,14% yang jika ditinjau berdasarkan provinsi yang ada di Indonesia, angka tersebut menempati rangking ke-14 dan termasuk wilayah dengan angka Indeks Pembangunan Manusia terendah dibanding provinsi-provinsi yang terdapat di pulau Jawa lainnya. Sehingga bisa digunakan penelitian guna melihat penyebab yang mempengaruhi secara signifikan pada angka IPM di Jawa Timur. Dimana usaha memaksimalkan angka IPM di Jawa Timur bisa dilaksanakan secara komprehensif dengan memaksimalkan faktor-faktor yang diperkirakan berpengaruh angka IPM.

Yanthi dan Budiantara, (2016) melakukan penelitian tentang IPM di Jawa Tengah, menyebutkan bahwa IPM dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni tingkat kesehatan menggunakan tolak ukur angka harapan hidup, tingkat pendidikan menggunakan tolak ukur kehidupan masyarakat menggunakan tolak ukur tingkat pengangguran terbuka dan tingkat partisipasi angkatan kerja. Faktor-faktor tersebut dapat diketahui memiliki pengaruh atau tidak dilakukan dengan metode analisis regresi. Yang berfungsi sebagai menghitung parameter-parameter estimasi dan mengetahui pola hubungan sebab akibat (Aulele, dkk., 2017). Dalam melakukan analisis regresi dapat memilih pendekatan metode dengan melihat bentuk pola dari suatu data.

Menurut Hidayat, dkk., (2017) metode analisis regresi mempunyai 3 pendekatan yakni pendekatan parametrik, nonparametrik, seta semiparametrik. Semiparametrik merupakan penggabungan dari pendekatan parametrik dengan nonparametrik. Adanya regresi semiparametrik ini disebabkan karena terdapat beberapa kasus dengan suatu variabel membentuk pola khusus dan sisanya polanya belum tau.

Salah satu pendekatan regresi semiparametrik dalam mengestimasi kurva regresinya adalah *Spline Truncated*. Menurut Hardle (dalam Utami dan Prahutama, 2017) *Spline Truncated* sebagai model regresi mempunyai hasil serta gambar yang ciri khas dan terbaik. *Spline Truncated* juga mempunyai kelebihan yaitu bisa menagani suatu data yang tidak signifikan dengan menggunakan titik knot, dan menghasilkan kurva yang baik. Menurut Budiantara (dalam Ishaq, dkk., 2017) Titik knot ialah titik gabungan yang memiliki perilaku pola yang berbeda.

Penelitian terdahulu tentang regresi semiparametrik *spline truncated* sudah ada, seperti pada penelitian Yani, dkk., (2017) melakukan penelitian yang menghasilkan bahwa model regresi semiparametrik *spline truncated* linear (orde 2) dengan 1 titik knot pada kasus pasien deman berdarah di Rumah Sakit Puri Raharja ialah nilai GCV minimum sebanyak 0,03552045; nilai MSE senilai 0,0296922 dan nilai  $R^2$  senilai 98,91%.

Berdasarkan penjabaran diatas dan beberapa penelitian terdahulu, penelitian ini berfokus pada analisis yang mempengaruhi pada IPM di Jawa Timur tahun 2021 menggunakan metode regresi semiparametrik *Spline Truncated*.

## 2. METODE PENELITIAN

Data yang dioalah ialah data sekunder dari buku dan *website* resmi Badan Pusat Statistik Jawa Timur. Unit penelitiannya yaitu 29 dan 9 Kabupaten/kota Jawa Timur tahun 2021. Variabel terdiri atas variabel dependen ( $y$ ) yaitu Indeks pembangunan manusia dan independen ( $x$ ) diantaranya angka harapan hidup, rata-rata lama sekolah, harapan lama sekolah, pengeluaran perkapita riil yang disesuaikan, tingkat artispasi angkatan kerja dan tingkat pengangguran terbuka.

Berikut merupakan langkah-langkah untuk analisis regresi semiparametrik *spline truncated*.

1. Menganalisis secara deskriptif pada data indeks pembangunan manusia serta faktor yang dianalisis memengaruhinya di Provinsi Jawa Timur.
2. Membentuk *scatter plot* di tiap-tiap variabel independen terhadap variabel dependen guna mendapat visual pola.
3. Menjadikan komponen parametrik pada variabel yang membentuk pola dan komponen nonparametrik pada variabel yang tidak membentuk pola tertentu.
4. Memodelkan indeks pembangunan manusia (variabel dependen) dengan regresi semiparametrik *spline truncated* pada macam titik knot.

5. Menentukan model yang terbaik sesuai titik knot optimal berdasarkan ciri khusus di GCV paling sedikit.
6. Menguji mana model terbaik pada perhitungan  $R^2$ .
7. Menggunakan uji signifikansi parameter Bersama dan parsial.
8. Menggunakan uji asumsi residual IIDN dari model regresi *spline*.
9. Menginterpretasikan hasil model regresi semiparametrik *spline truncated*.
10. Menyimpulkan dari hasil analisis.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Deskripsi Data

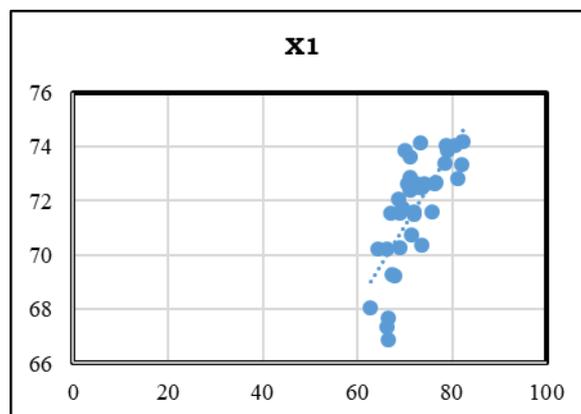
Tabel 1 berikut ini disajikan statistika deskriptif dari variabel-variabel terdapat dalam penelitian.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Data

Variabel	Ringkasan Statistik			
	Min	Max	Mean	StDev
Indeks Pembangunan Manusia ( $Y$ )	62,8	82,31	72,225	5,065
Angka Harapan Hidup ( $x_1$ )	66,8 9	74,18	71,717	1,974
Rata-rata Lama Sekolah ( $x_2$ )	4,86	11,37	8,060	1,576
Harapan Lama Sekolah ( $x_3$ )	11,7 3	15,75	13,398	0,901
Pengeluaran Perkapita Riil yang disesuaikan ( $x_4$ )	8.67 3	17.86 2	11.568,53	2.216,217
Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja ( $x_5$ )	64,2 4	80,57	70,383	3,168
Tingkat Pengangguran Terbuka ( $x_6$ )	2,04	10,87	5,5197	2,010

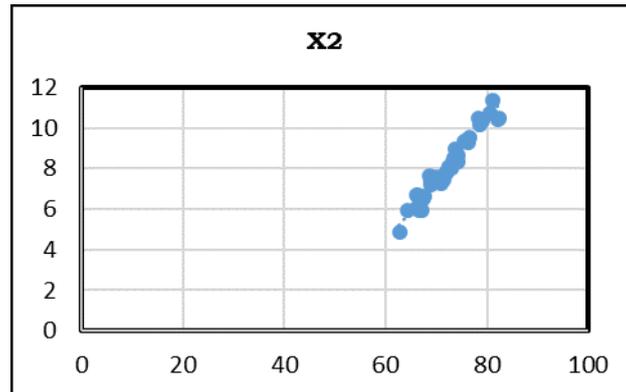
#### Pola Hubungan IPM dengan Faktor yang Diduga Mempengaruhi

Pola hubungan IPM terkait penyebab yang berpengaruh dapat diketahui melalui *scatterplot*. Bentuk pola yang didapatkan bertujuan untuk dalam menentukan variabel sebagai susunan komponen parametrik dan nonparametrik. Berikut *scatterplot* antara IPM dan angka harapan hidup.



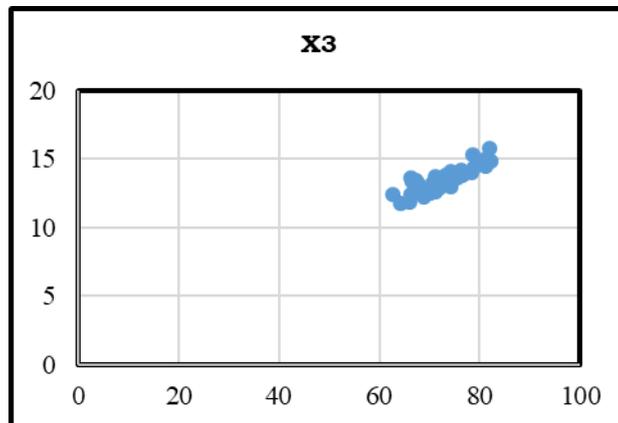
Gambar 1. *Scatterplot y vs* Angka Harapan Hidup

Berdasarkan gambar 1 hubungan antara IPM Jawa Timur 2021 dengan angka harapan hidup tidak didapatkan pola khusus, maka angka harapan hidup ialah komponen nonparametrik disimbolkan dengan  $t_1$ .



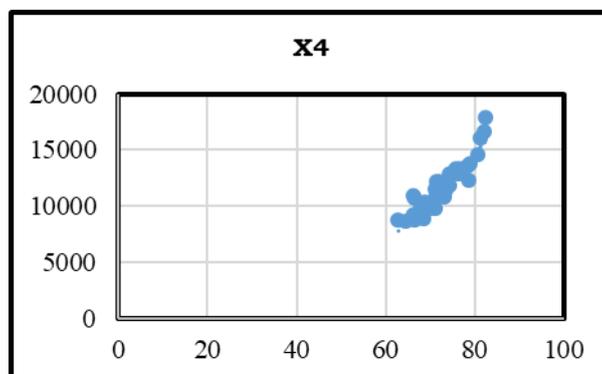
Gambar 2. Scatterplot  $y$  dengan Rata-rata Lama Sekolah

Gambar 2 menunjukkan keterkaitan Indeks Pembangunan Manusia Jawa Timur 2021 pada rata-rata lama sekolah menunjukkan pola tertentu. Maka rata-rata sekolah merupakan komponen parametrik yang disimbolkan dengan  $x_1$  dan kurva regresinya yakni linier.



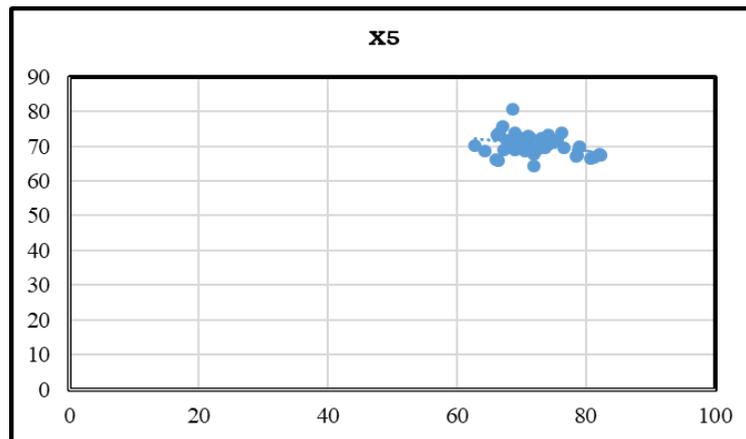
Gambar 3. Scatterplot  $y$  vs Harapan Lama Sekolah

Hubungan antara Indeks Pembangunan Manusia Jawa Timur 2021 dengan harapan lama sekolah pada gambar 3 adalah membentuk pola linier. Sehingga harapan lama sekolah merupakan komponen parametrik dengan kurva regresi linier, serta disimbolkan dengan  $x_2$ .



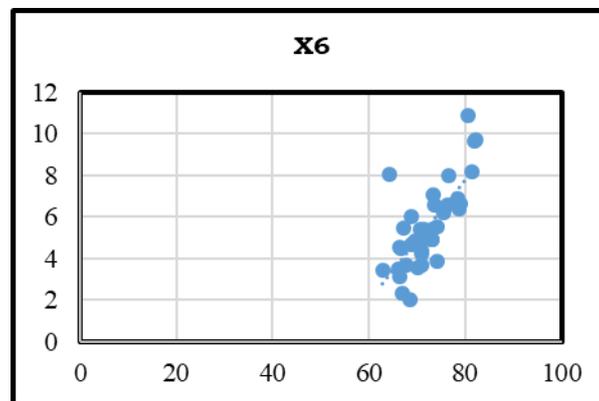
Gambar 4. Scatterplot  $y$  vs Pengeluaran Perkapita Riil

Hubungan IPM 2021 dengan pengeluaran perkapita riil yang disesuaikan yang terdapat pada gambar 4 adalah menunjukkan pola tertentu. Maka pengeluaran perkapita riil yang disesuaikan ini juga merupakan komponen parametrik, yang disimbolkan dengan  $x_3$  dan kurva regresinya adalah linier.



Gambar 5. Scatterplot  $y$  vs Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja

Ditunjukkan pada gambar 5 hubungan antara Indeks Pembangunan Manusia Jawa Timur 2021 terhadap partisipasi angkatan kerja tidak menunjukkan pola tertentu. Maka menunjukkan komponen nonparametrik dan disimbolkan dengan  $t_2$ .



Gambar 6. Scatterplot  $y$  vs Tingkat Pengangguran Terbuka

Gambar 6 menunjukkan keterkaitan Indeks Pengangguran Terbuka Jawa Timur 2021 dengan TPT tidak menunjukkan pola khusus. Sehingga tingkat pengangguran terbuka ialah komponen nonparametrik dan dinyatakan sebagai  $t_3$ . Sesuai uraian yang dijelaskan di tiap variabel, seperti pada tabel dibawah.

Tabel 2. Komponen Parametrik dan Nonparametrik

Variabel	Keterangan
$x_1$	Rata rata lama sekolah
$x_2$	Harapan lama sekolah
$x_3$	Pengeluaran perkapita riil
$t_1$	Angka harapan hidup
$t_2$	Tingkat partisipasi angkatan kerja
$t_3$	Tingkat pengangguran terbuka

Berdasarkan Tabel 2 terdapat 3 variabel komponen parametrik (rata-rata lama sekolah, harapan lama sekolah, pengeluaran perkapita riil yang disesuaikan) dan 3 variabel komponen nonparametrik (angka harapan hidup, tingkat partisipasi angkatan kerja, dan tingkat pengangguran terbuka).

### Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Dengan Regresi Semiparametrik *Spline Truncated*

Model ini dibentuk sesudah diketahui pola keterkaitan dengan variabel dependen yaitu IPM Jawa Timur pada variabel-variabel independen yang diasumsikan berpengaruh. Adapun model regresi semiparametrik sendiri terdiri atas dua komponen yaitu komponen parametrik dan nonparametrik.

Model persamaan regresi parametrik dengan variabel independen ke- $k$  adalah

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik}. \quad \dots(1)$$

model regresi nonparametrik adalah

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

(Maksum, 2019)

Berdasarkan 2 model persamaan diatas, maka untuk memperoleh model persamaan semiparametrik dapat dilakukan dengan menggabungkan model persamaan (1) dengan (2), sehingga diperoleh model persamaan berikut,

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} + f(t_i) + \varepsilon_i. \quad \dots(3)$$

Keterangan:

$y_i$  : variabel dependen.

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$  : variabel independen.

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  : parameter yang tidak diketahui.

$f(t_i)$  : komponen nonparametrik atau variabel independen yang memiliki hubungan secara nonparametrik dengan variabel dependen  $y_i$ .

$\varepsilon_i$  : suku galat/ sisaan diduga independen, bersifat acak dan berdistribusi normal pada mean nol dan varians  $\sigma^2$ .

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan 1, 2, dan 3 titik knot. Sehingga dalam semiparametrik pada persamaan (2) didekati dengan  $f(t_i)$  fungsi *spline* berorde  $p$  dengan titik knot  $k_1, k_2, \dots, k_r$ .

$$f(t_i) = \sum_{j=0}^p \gamma_j t_i^j + \sum_{l=1}^r \gamma_{p+1} (t_i - k_l)_+^p, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad \dots(4)$$

Keterangan:

$\gamma_j$  : parameter-parameter model.

$(t_i - k_l)_+^p$  : fungsi *truncated* (potongan).

Dengan fungsi *truncated* diuraikan sebagai berikut:

$$(t_i - k_l)_+^p = \begin{cases} (t_i - k_l)^p & x \geq k_l \\ 0 & x < k_l \end{cases}. \quad \dots(5)$$

Keterangan:

$p$  : derajat polinomial.

$k$  : titik knot dimana menjadikan perubahan pola tertentu.

(Ishaq, dkk., 2017)

### Pemilihan Titik Knot Optimal

Model ini dikatakan baik dengan menggunakan nilai titik knot optimal yang diperoleh melalui nilai GCV (*Generalized Cross Validation*) paling minimum. Titik knotnya terdiri atas 1, 2, dan 3 titik knot. Adapun persamaan fungsi GCV dirumuskan dalam persamaan berikut (Eubank R.L. dalam Anggreni, dkk., 2018).

$$GCV(k) = \frac{MSE(k)}{(n^{-1} \text{tr}[I - A(k)])^2}. \quad \dots(6)$$

Keterangan:

$$MSE(k) : n^{-1} \sum_{i=1}^n [Y_i - \hat{f}(t_i)]^2 .$$

$k$  : banyaknya titik knot  $(k_1, k_2, k_3, \dots, k_p)$  .

$$\hat{f}(t_i) : t(t't)^{-1}t'Y .$$

$n$  : banyaknya data.

$I$  : matriks identitas.

$$A(k) : t(t't)^{-1}t' .$$

$$\hat{Y} : A(K)Y .$$

Masing-masing titik knot optimal yang diperoleh berdasarkan nilai GCV terkecil di titik 1, 2, dan 3 perlu dilakukan perbandingan untuk menentukan model regresi semiparametrik spline truncated terbaik. Selanjutnya akan didapatkan pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Jawa Timur 2021 paling cocok. Berdasarkan perhitungan GCV menggunakan persamaan (6), berikut didapat perbandingan masing-masing nilai GCV dengan 1, 2 dan 3 knot paling minimum.

Tabel 3. Perbandingan Nilai GCV Berbagai Titik Knot

Model	GCV
1 knot	0,035
2 knot	0,021
3 knot	0,019

Tabel 3 diatas menunjukkan dengan menggunakan kriteria nilai GCV minimum, diperoleh bahwa dari tiga nilai GCV terkecil adalah di 3 titik knot.

**Estimasi Parameter**

Langkah selanjutnya ialah dilakukan estimasi parameter guna mendapatkan model regresi semiparametrik *spline truncated*. Berikut estimasi model pada masing koefisien pada model IPM.

Tabel 4. Estimasi Parameter

Variabel	Parameter	Estimasi
-	$\varphi$	0,038
$x_1$	$\beta_1$	1,193
$x_2$	$\beta_2$	1,085
$x_3$	$\beta_3$	0,001
	$\gamma_{11}$	0,516
$t_1$	$\gamma_{21}$	0,011
	$\gamma_{31}$	0,033
	$\gamma_{41}$	-0,014
	$\gamma_{12}$	-0,215
$t_2$	$\gamma_{22}$	0,131
	$\gamma_{32}$	-0,328
	$\gamma_{42}$	0,272
	$\gamma_{13}$	0,223
$t_3$	$\gamma_{23}$	-1,001
	$\gamma_{33}$	0,691
	$\gamma_{43}$	0,927

Hasil estimasi model regresi semiparametrik *spline truncated* pada 3 titik knot pada persamaan (3) dan (4) dalam tabel 4 untuk Indeks Pembangunan Manusia sebagai berikut.

$$\hat{y}_i = 0,038 + 1,193x_{i1} + 1,805x_{i2} + 0,001x_{i3} + 0,516t_{i1} + 0,011(t_{i1} - 71,5024)_+ + 0,033(t_{i1} - 72,543)_+ + 0,014(t_{i1} - 72,841)_+ - 0,215t_{i2} + 0,131(t_{i2} - 74,571)_+ - 0,327(t_{i2} - 76,904)_+ + 0,272(t_{i2} - 77,570)_+ + 0,223t_{i3} + 1,001(t_{i3} - 7,626)_+ + 0,691(t_{i3} - 8,887)_+ + 0,927(t_{i3} - 9,248)_+ .$$

Setelah melakukan estimasi parameter pada variabel independen, perlu dilakukan uji signifikansi parameter Bersama-sama dan secara parsial.

**Uji Parameter Model**

Pengujian ini dilaksanakan guna mendapatkan tiap-tiap variabel independen berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen. Dengan 2 proses tahapan 2 dengan bersamaan serta parsial.

Tabel 5. Uji Serentak

Sumber	df	SS	MS	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Regresi	15	948,710	63,247	4.109,813	2,150
Error	22	0,338	0,015		
Total	37	949,049			

Berdasarkan Tabel 5 didapatkan MSE sebesar 0,015, pada nilai  $F_{hitung}$  adalah 4.109,813575 dengan nilai  $F_{tabel}$  yaitu 2,150. Hal ini menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  yang berarti tolak  $H_0$ , maka ada 1 variabel independent yang berpengaruh pada IPM di Jawa Timur. Besar koefisien determinasi ( $R^2$ ) diperoleh senilai 99,964%. Yang berarti IPM di Jawa Timur mempunyai variasi 99,964% serta kelebihanya 0,356% dimiliki oleh variabel lain diluar.

Uji parsial dilakukan setelah melakukan uji serentak yang mendapati tolak  $H_0$  sebagaimana hipotesis dalam pengujian secara parsial.

Tabel 6. Uji Parsial

Variabel	Parameter	$T_{hitung}$	$T_{tabel}$	Keputusan	Kesimpulan
-	$\varphi$	3,021	2,026	Tolak $H_0$	Signifikan
$x_1$	$\beta_1$	22,271	2,026	Tolak $H_0$	Signifikan
$x_2$	$\beta_2$	29,151	2,026	Tolak $H_0$	Signifikan
$x_3$	$\beta_3$	29,359	2,026	Tolak $H_0$	Signifikan
$t_1$	$\gamma_{11}$	49,965	2,026	Tolak $H_0$	Signifikan
	$\gamma_{21}$	1,170	2,026	Gagal Tolak $H_0$	Tidak Signifikan
	$\gamma_{31}$	1,255	2,026	Gagal Tolak $H_0$	Tidak Signifikan
	$\gamma_{41}$	-0,242	2,026	Gagal Tolak $H_0$	Tidak Signifikan
$t_2$	$\gamma_{12}$	-3,657	2,026	Gagal Tolak $H_0$	Tidak Signifikan
	$\gamma_{22}$	2,370	2,026	Tolak $H_0$	Signifikan
	$\gamma_{32}$	-2,424	2,026	Gagal Tolak $H_0$	Tidak Signifikan
	$\gamma_{42}$	2,1482	2,026	Tolak $H_0$	Signifikan
	$\gamma_{13}$	2,148	2,026	Tolak $H_0$	Signifikan
$t_3$	$\gamma_{23}$	-6,464	2,026	Gagal Tolak $H_0$	Tidak Signifikan
	$\gamma_{33}$	6,444	2,026	Tolak $H_0$	Signifikan
	$\gamma_{43}$	6,488	2,026	Tolak $H_0$	Signifikan

Tabel 6 menunjukkan bahwa dari hasil pengujian secara parsial dengan menggunakan nilai  $T_{hitung} > T_{tabel}$  dari ke-16 parameter diatas semua variabelnya signifikan karena terdapat minimal 1 parameter yang berpengaruh pada 1 variabel independen. Maka variabel tersebut dikatakan

signifikan meskipun parameter lain tidak signifikan. Selanjutnya dilakukan uji asumsi residual pada residual hasil pemodelan.

**Uji Asumsi Residual**

Kelayakan suatu model regresi dapat diketahui dengan melakukan pengujian dengan uji asumsi residual. Jika seluruh variabel pada regresi signifikan dan yang terbaik, tentu juga harus memiliki asumsi identik yang terpenuhi, independen dan berdistribusi normal. Agar model yang dihasilkan layak digunakan dalam memodelkan variabel independen.

Pengujian itu dilakukan melalui uji Glejser. Asumsi residual independen pengujiannya dengan uji *Durbin Watson*. Dan pengujian asumsi residual distribusi normal dengan uji *Kolmogrov Smirnov*.

Tabel 7. Uji Glejser

Sumber	df	SS	MS	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Regresi	15	0,039	0,002	0,497	2,150
Error	22	0,117	0,005		
Total	37	0,157			

Tabel 7 menunjukkan bahwa pada pengujian asumsi identik dengan uji Glejser menghasilkan nilai MSR dan MSE yaitu 0,002 dan 0,0053 serta nilai pada  $F_{hitung}$  adalah 0,497. Dengan menggunakan nilai  $F_{tabel}$  sebesar 2,150, pada uji Glejser diberikan keputusan gagal tolak  $H_0$  karena  $F_{tabel} > F_{hitung}$ . Dapat diketahui bahwa residual yang dihasilkan berdasarkan uji Glejser tidak terindikasi terjadi kasus heteroskedastisitas, sehingga asumsi identik terpenuhi.

Tabel 8. Uji *Durbin Watson*

Durbin Watson	$d_L$	$d_U$	$d_{U2}$	$4 - d_U$	Keputusan	Kesimpulan
1,421	1,164	1,846	2,153	2,153	Gagal Tolak $H_0$	Tidak Terjadi Autokorelasi

Berdasarkan Tabel 8 diatas, bahwa  $d_U \leq d \leq 4 - d_U$  yang berarti tidak terdapat kasus autokorelasi pada residual. Sehingga asumsi independen terpenuhi /tidak terdapat korelasi antara  $\epsilon_t$  dan  $\epsilon_{t-1}$ .

Tabel 9. Uji *Kolmogrov-Smirnov*

$KS_{hitung}$	$KS_{tabel}$	Keputusan	Kesimpulan	Rata-Rata Residual	-4,3E-05
0,131	0,21	Gagal Tolak $H_0$	Berdistribusi Normal	stdev	0,095

Tabel 9 menunjukkan bahwa pengujian asumsi distribusi normal terpenuhi, dengan menggunakan keputusan  $KS_{hitung} < KS_{tabel}$ . Dimana  $KS_{hitung}$  memberikan nilai sebesar 0,131 dan  $KS_{tabel}$  sebesar 0,21.

Tiga asumsi residual seperti asumsi identik, asumsi independen, serta asumsi distribusi normal semuanya terpenuhi. Maka model baik untuk menggambarkan hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen.

**Interpretasi Model**

Berikut merupakan interpretasi model pada setiap variabel independen signifikan berpengaruh terhadap variabel dependen (Indeks Pembangunan Manusia Jawa Timur).

1. Hubungan rata-rata lama sekolah dengan IPM di Jawa Timur dengan asumsi variabel independenlain yaitu .  
 $\hat{y}_i = 0,038 + 1,193x_{i1}$ .  
 Jika terjadi kenaikan rata-rata lama sekolah sebanyak satu tahun, maka indeks pembangunan manusia di Jawa Timur akan naik sebanyak 1,193%.
2. Hubungan antara harapan lama sekolah dengan IPM di Jawa Timur dengan variabel independen lain yaitu:

$$\hat{y}_i = 0,038 + 1,805x_{i2}.$$

Jika terjadi kenaikan harapan lama sekolah sebanyak satu tahun, sehingga IPM di Jawa Timur akan naik sebanyak **1,805%**.

3. Hubungan pengeluaran perkapita riil dengan IPM di Jawa Timur sesuai asumsi variabel independenlain yaitu.

$$\hat{y}_i = 0,038 + 0,001x_{i3}.$$

Jika terjadi kenaikan pengeluaran perkapita riil yang disesuaikan sebanyak satu rupiah, maka indeks pembangunan manusia di Jawa Timur akan naik sebanyak **0,001%**.

4. Hubungan antara angka harapan hidupdengan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Timur dengan asumsi variabel independen yaitu.

$$\hat{y}_i = 0,516t_{i1} + 0,011(t_{i1} - 71,502)_+ + 0,033(t_{i1} - 72,543)_+ - 0,014(t_{i1} - 72,841)_+ .$$

$$= \begin{cases} 0,051t_{i1} & t_1 < 71,502 \\ -0,813 + 0,528t_{i1} & 71,50204 \leq t_1 < 72,543 \\ -3,208 + 0,561t_{i1} & 72,54347 \leq t_1 < 72,841 \\ -2,173 + 0,547t_{i1} & t_1 \geq 72,841 \end{cases}$$

Jika angka harapan hidup kurang dari **71,502** dan apabila naik satu tahun, sehingga IPM mengalami kenaikan sebanyak **0,051%**. Wilayah yang termasuk pada interval ini ialah semua Kabupaten Bondowoso, Probolinggo, Pamekasan, Sampang, Situbondo, Jember, Lumajang, Bangkalan, Pasuruan, Banyuwangi, Madiun dan Kota Probolinggo. Jika angka harapan hidup antara **71,502** sampai **72,543** dan apabila naik satu tahun, maka indeks pembangunan manusia mengalami penurunan sebanyak **0,813%**. Wilayah yang masuk ialah semua Kabupaten Tuban, Sumenep, Nganjuk, Bojonegoro, Ngawi, Jombang, Lamongan dan Kota Pasuruan. Jika angka harapan hidup antara **72,5437** sampai **72,841** dan apabila naik satu tahun, maka indeks pembangunan manusia turun sebesar **3,208%**. Dalam interval ini terdiri atas wilayah semua Kabupaten Mojokerto, Malang, Kediri, Magetan, Gresik dan Kota Batu, Madiun. Jika angka harapan hidup lebih dari sama dengan **72,841** dan apabila naik satu tahun, maka indeks pembangunan manusia mengalami penurunan sebanyak **2,173%**. Wilayah dalam interval ini adalah semua Kabupaten Ponorogo, Blitar, Trenggalek, Sidoarjo, Tulungagung dan Kota Malang, Mojokerto, Blitar, Surabaya.

5. Hubungan antara tingkat partisipasi angkatan kerja terhadap terhadap Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Jawa Timur namun dengan asumsi variabel independen lain yaitu.

$$\hat{y}_i = -0,215t_{i2} + 0,131(t_{i2} - 74,571)_+ - 0,327(t_{i2} - 76,904)_+ + 0,272(t_{i2} - 77,570)_+ .$$

$$= \begin{cases} 0,215t_{i2} & t_2 < 74,571 \\ -9,822 + 0,346t_{i2} & 74,571 \leq t_2 < 76,904 \\ 15,460 + 0,018t_{i2} & 76,904 \leq t_2 < 77,570 \\ -5,703 + 0,291t_{i2} & t_2 \geq 77,570 \end{cases}$$

Jika tingkat partisipasi angkatan kerja kurang dari **74,571** dan apabila meningkat satu persen maka indeks pembangunan manusia mengalami kenaikan sebanyak **0,215%**. Daerah yang tercantum ialah semua Kabupaten Nganjuk, Pamekasan, Lumajang, Sidoarjo, Malang, Bangkalan, Jember, Pasuruan, Kediri, Gresik, Sampang, Blitar, Mojokerto, Jombang, lamongan, Situbondo, Bojonegoro, Tulungagung, Banyuwangi. Trenggalek, Ponorogo, Ngawi, Probolinggo, Magetan, Tuban, Bondowoso dan Kota Madiun, Mojokerto, Surabaya, Kediri, Malang, Probolinggo, Blitar, Pasuruan, Batu. Jika tingkat partisipasi angkatan kerja antara **74,571** sampai **76,904**, serta apabila meningkat 1 % maka IPM akan turun sebanyak **-9,822%**. Daerah dalam interval ini adalah kabupaten Sumenep. Jika tingkat partisipasi angkatan kerja antara **76,904** sampai **77,570** serta apabila naik 1 % maka IPM akan mengalami kenaikan sebanyak **15,460**. Daerah yang mencakup ini tidak memenuhi. Jika tingkat partisipasi angkatan kerja lebih besar sama dengan **77,570** dan apabila 1 % maka IPM akan turun sebanyak **5,703%**. Daerah yang mencakup interval Kabupaten Pacitan.

6. Hubungan Tingkat pengangguran terbuka dengan Indeks Pembangunan Manusia Jawa Timur dengan asumsi variabel independen lain tetap yakni .

$$\hat{y}_i = 0,223t_{i3} - 1,001(t_{i3} - 7,626)_+ + 0,691(t_{i3} - 8,887)_+ + 0,927(t_{i3} - 9,248)_+ .$$

$$= \begin{cases} 0,223t_{i3} & t_3 < 7,626 \\ 7,634 - 0,777t_{i3} & 7,626 \leq t_3 < 8,887 \\ 1,490 - 0,086t_{i3} & 8,887 \leq t_3 < 9,248 \\ -7,082 + 0,840t_{i2} & t_3 \geq 9,248 \end{cases}$$

Jika tingkat pengangguran terbuka kurang dari 7,626 dan apabila bertambah 1 %, maka IPM mengalami kenaikan sebanyak 0,223%. Interval ini terdiri atas beberapa wilayah yaitu semua Kabupaten Pacitan, Sumenep, Pamekasan, Sampang, Lumajang, Trenggalek, Blitar, Situbondo, Magetan, Ngawi, Ponorogo, Bondowoso, Probolinggo, Tuban, Bojonegoro, Gresik, Tulungagung, Nganjuk, Madiun, Kediri, Malang, Banyuwangi, Jember, Mojokerto, Pasuruan dan Kota Pasuruan, Kediri, Probolinggo, Batu, Blitar, Mojokerto. Jika tingkat pengangguran terbuka antara 7,626 sampai 8,887 dan apabila naik 1% , maka IPM mengalami kenaikan sebanyak 7,634%. Daerah dalam interval ini adalah semua Kabupaten Jombang, Gresik dan Bangkalan. Jika tingkat pengangguran terbuka antara 8,887 sampai 9,248 dan apabila naik 1%, maka IPM mengalami kenaikan sebanyak 1,490%. Daerah yang ada pada rentang tersebut ialah Kota Madiun. Jika tingkat pengangguran terbuka lebih besar sama dengan 9,248 dan apabila naik 1% , maka IPM akan mengalami penurunan sebanyak 7,082%. Daerah dalam interval ini adalah Kota Madiun, Malang, Surabaya serta Kabupaten Sidoarjo.

#### 4. SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dijabarkan pada HASIL DAN PEMBAHASAN, diperoleh bahwa model regresi semiparametrik *spline truncated* terbaik pada memodelkan Indeks Pembangunan Manusia Jawa Timur tahun 2021 adalah dengan 3 titik knot, yaitu:

$$\hat{y}_i = 0,038 + 1,193x_{i1} + 1,805x_{i2} + 0,001x_{i3} + 0,516t_{i1} + 0,011(t_{i1} - 71,502)_+ + 0,033(t_{i1} - 72,543)_+ - 0,0142(t_{i1} - 72,841)_+ - 0,215t_{i2} + 0,131(t_{i2} - 74,571)_+ - 0,327(t_{i2} - 76,904)_+ + 0,272(t_{i2} - 77,570)_+ + 0,223t_{i3} - 1,001(t_{i3} - 7,626)_+ + 0,691(t_{i3} - 8,887)_+ + 0,927(t_{i3} - 9,248)_+$$

Variabel  $x_1$  adalah rata-rata lama sekolah,  $x_2$  adalah harapan lama sekolah,  $x_3$  adalah pengeluaran perkapita riil yang disesuaikan,  $t_1$  adalah angka harapan hidup,  $t_2$  ialah tingkat partisipasi angkatan kerja, dan  $t_3$  adalah tingkat pengangguran terbuka.

Variabel rata-rata lama sekolah, harapan lama sekolah, pengeluaran perkapita riil yang disesuaikan, angka harapan hidup, tingkat partisipasi angkatan kerja, dan tingkat pengangguran terbuka, semuanya merupakan faktor-faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur tahun 2021. Koefisien determinasi diperoleh nilai yakni 99,964%. Nilai tersebut menunjukkan jika model terbaik yang diperoleh dapat menjelaskan variasi variabel dependen berupa Indeks Pembangunan Manusia Jawa Timur sebesar 99,964%. Dan koefisien lainnya 0,035% dipaparkan pada variabel independen lain yang tidak ada pada model.

#### Saran

Saran yang disampaikan setelah melaksanakan penelitian, antara lain: penelitian selanjutnya dapat menambah faktor yang berpengaruh IPM di Jawa Timur. Hal ini dapat dilakukan dengan memperhatikan kondisi baik dari segi sosial, alam dan ekonomi. Dengan menggunakan pendekatan *spline truncated* diharapkan penambahan titik knot dapat dilakukan pada setiap komponen nonparametrik, karena dalam penelitian ini terbatas pada titik knot 1, 2 dan 3. Selain itu, rendahnya angka Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur dibandingkan daerah provinsi berada di Pulau Jawa, sehingga diharapkan pemerintah terus memaksimalkan program yang telah ada terutama dalam bidang pendidikan. Hal ini bisa melalui dengan memfokuskan peningkatan kemampuan setiap peserta didik disertai tenaga pendidik yang memiliki mutu terjamin dan fasilitas pendidikan yang memadai.

#### UCAPAN TERIMA KASIH.

Penulis mengucapkan terimakasih pertama kepada Ibu Rizka Rizqi Robby, S.Pd., M.Si selaku Ketua Progam Studi S1 Matematika Universitas Nahdlatul Ulama Blitar yang telah memberikan pengarahan selama penyusunan laporan ini. Kedua kepada Ibu Galuh Tyasing Swastika, S.Pd., M.Pd selaku dosen pembimbing skripsi 1 yang meluangkan waktu memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan jurnal ini. Ketiga kepada Bapak Risang Narendra, S.Si., M.Pd selaku dosen pembimbing skripsi 2 yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama

penyusunan jurnal ini. Keempat kepada Bapak M. Nur Haqqul Qomarudin S.Si, M.Si, selaku dosen penguji skripsi yang juga telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan jurnal ini. Kelima kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggreni, N.P.R., Suciptawati, N.L.P. dan 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), p. 211. doi:10.24843/mtk.2018.v07.i03.p205.
- Aulele, S.N., Talakua, M.W. dan Tuasikal, B. (2017) 'Analisis Permintaan Konsumen Terhadap Konsumsi Minyak Tanah Rumah Tangga Di Desa Pelauw Dengan Menggunakan Analisis Regresi Berganda', 11, pp. 129–138.
- Hidayat, R., Yuliani dan Sam, M. (2017) 'Model regresi nonparametrik dengan pendekatan spline truncated', *Prosiding Seminar Nasional*, 3(1), pp. 203–210.
- Indonesia, B.P.S., (2022). *Statistik Indonesia 2022*. Jakarta: BPS Indonesia.
- Ishaq, M., Rumiati, A.T. dan Permatasari, E.O. (2017) 'Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Regresi Semiparametrik Spline', *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(1), pp. 420–425. doi:10.12962/j23373520.v6i1.22451.
- Maksum, M.W. (2019) *Model Regresi Semiparametrik Spline untuk Data Longitudinal pada Kasus Demam Berdarah Dengue di Kota Makassar*. Universitas Negeri Makassar. doi:10.35580/jmathcos.v3i1.19181.
- Statistik, B.P., .nd. "Indeks Pembangunan Manusia", <https://www.bps.go.id/menu/1/tentang-profil-bps.html>, diakses pada 13 Maret 2022.
- Utami, T.W. dan Prahutama, A. (2017) 'Regresi semiparametrik spline truncated dengan software r', *Seminar Nasional Pendidikan, Sains dan Teknologi FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang*, pp. 17–23.
- Yani, N.W.M.N., Srinadi, I.G.A.M. dan Sumarjaya, I.W. (2017) 'Aplikasi Model Regresi Semiparametrik Spline Truncated (Studi Kasus: Pasien Demam Berdarah Dengue (DBD) di Rumah Sakit Puri Raharja)', *E-Jurnal Matematika*, 6(1), p. 65. doi:10.24843/mtk.2017.v06.i01.p149.
- Yanthi, N.P.D. dan Budiantara, I.N. (2016) 'Pemodelan Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Regresi Nonparametrik Spline di Jawa Tengah', *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), pp. 271–276. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/267874245.pdf>.