

Analisis Regresi *Spline Truncated* pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Timur tahun 2021

Ardiana Fatma Dewi^{1*}, Kurnia Ahadiyah²

^{1,2}Program Studi Tadris Matematika Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Kediri

*Corresponding author: ardianafatmad@gmail.com

Received: 15 August 2022

Revised: 7 September 2022

Accepted: 8 March 2023

ABSTRAK – Peningkatan capaian Indeks Pembangunan Manusia tidak lepas dari peningkatan dari setiap komponen penyusunnya. Saat ini, komponen penyusun IPM juga menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun. Untuk dapat ikut berpartisipasi dalam proses pembangunan, tentunya dibutuhkan masyarakat Indonesia yang tidak hanya unggul dari segi kuantitas, tetapi juga unggul dari segi kualitas. IPM digunakan sebagai alat guna tercapainya tujuan bangsa, sehingga banyak hal yang berelasi antara manusia dengan pembangunan disekitarnya Negara Indonesia khususnya di Pulau Jawa merupakan pulau yang paling padat penduduknya, Jawa Timur salah satu Provinsi dengan jumlah penduduk terpadat kedua di pulau ini Oleh karena itu pada penelitian ini ingin diketahui faktor apa saja yang dapat mempengaruhi IPM di Jawa Timur sehingga pemerintah provinsi dapat memperhatikan beberapa program yang nantinya dapat digunakan untuk terus mempertahankan dan meningkatkan pembangunan sehingga bisa menjadi suatu prestasi bagi Provinsi Jawa Timur. Salah satu analisis yang dapat digunakan yaitu menggunakan pemodelan, salah satunya dengan analisis regresi. Regresi nonparametrik merupakan regresi yang fleksibel penggunaannya karena dapat mencari sendiri pola datanya. Pendekatan *Spline Truncated* pada regresi nonparametrik salah satunya dapat digunakan dalam memprediksi Indeks Pembangunan Manusia (IPM). IPM serta beberapa faktor yang mempengaruhinya akan diestimasi dengan berbagai titik knot untuk mendapatkan model terbaik. Pada pemodelan regresi nonparametrik *Spline Truncated* yang diaplikasikan pada data IPM di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2021 dicobakan beberapa titik knot yaitu 1 titik knot, 2 titik knot, dan 3 titik knot. Hasil yang diperoleh bahwa model terbaik terdapat pada percobaan 3 titik knot dengan nilai GCV minimum yaitu sebesar 5,40 dan nilai R^2 sebesar 89,875%.

Kata kunci – GCV, IPM, *Spline Truncated*, Titik Knot

ABSTRACT – The increase in the achievement of the Human Development Index cannot be separated from the improvement of each of its constituent components. Currently, the components of the HDI also show an increase from year to year. To be able to participate in the development process, of course, Indonesian people are needed who are not only superior in terms of quantity, but also superior in terms of quality. HDI is used as a tool to achieve national goals, so that many things are related between humans and the development around them. This is to find out what factors can affect the HDI in East Java so that the provincial government can pay attention to several programs which can later be used to continue to maintain and improve development so that it can become an achievement for the Province of East Java. One of the analyzes that can be used is modeling, one of which is regression analysis. Nonparametric regression is a regression that is flexible in use because it can find its own data pattern. One of the truncated spline approaches to nonparametric regression can be used to predict the Human Development Index (HDI). HDI and several factors that influence it will be estimated at various knot points to get the best model. In the Spline Truncated nonparametric regression modeling which is applied to HDI data in East Java Province in 2021 several knot points are tried, namely 1 knot point, 2 knot point, and 3 knot point. The results obtained showed that the best model was found in the 3 knots experiment with a minimum GCV value of 5.40 and an R^2 value of 89.875%.

Keywords – GCV, HDI, Knot Point, *Spline Truncated*

I. PENDAHULUAN

Ukuran kualitas hidup manusia dilihat dari Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Indeks Pembangunan Manusia atau “Human Development Index (HDI) diperkenalkan oleh United Nation Development Program (UNDP) pada tahun 1990. Ada tiga komponen mendasar yang menggambarkan IPM, yaitu kesehatan, kualitas pendidikan, dan sumber daya ekonomi [1]. Peningkatan capaian Indeks Pembangunan Manusia tidak lepas dari peningkatan dari setiap komponen penyusunnya. Saat ini, komponen penyusun IPM juga menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun [2]. Untuk dapat ikut berpartisipasi dalam proses pembangunan, tentunya dibutuhkan masyarakat Indonesia yang tidak hanya unggul dari segi kuantitas, tetapi juga unggul dari segi kualitas. Berdasarkan data BPS IPM Indonesia tahun 2021 mencapai 72,29, meningkat 0,35 poin (0,49 persen) dibandingkan capaian tahun sebelumnya (71,94).

Pembangunan nasional adalah pembangunan manusia dan pembangunan masyarakat Indonesia secara adil dan merata [3]. IPM digunakan sebagai alat guna tercapainya tujuan bangsa, sehingga banyak hal yang berelasi antara manusia dengan pembangunan disekitarnya [4]. Semakin banyak penduduk di wilayah tersebut maka akan mempengaruhi angka IPM. Negara Indonesia khususnya di Pulau Jawa merupakan pulau yang paling padat

penduduknya, Jawa Timur salah satu Provinsi dengan jumlah penduduk terpadat kedua di pulau ini. BPS mencatat bahwa IPM Jawa Timur tahun 2021 sebesar 72,14 atau tumbuh 0,60 persen, menguat dibandingkan pertumbuhan tahun sebelumnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya perkembangan pembangunan yang ada di Jawa Timur. Oleh karena itu perlu diketahui faktor apa saja yang dapat mempengaruhi IPM di Jawa Timur sehingga pemerintah provinsi dapat memperhatikan beberapa program yang nantinya dapat digunakan untuk terus mempertahankan dan meningkatkan pembangunan sehingga bisa menjadi suatu prestasi bagi Provinsi Jawa Timur.

Beberapa faktor yang diduga berpengaruh tersebut dapat diketahui dengan menggunakan suatu pemodelan. Terdapat beberapa metode di dalam statistika untuk menyelesaikan pemodelan, salah satunya dengan menggunakan analisis regresi. Pada analisis regresi terdapat beberapa pendekatan bergantung pada permasalahan data yang akan di analisis, yaitu pendekatan parametrik, nonparametrik, dan semiparametrik. Regresi parametrik digunakan ketika pola data pada kurva regresi diketahui dengan jelas membentuk linier, kuadratik, atau kubik. Pada kenyataan yang ada banyak ditemui pola hubungan regresi antar variabel tidak diketahui dengan pasti dan memiliki suatu pola tertentu [5]. Jika ditemukan permasalahan tersebut maka dapat diselesaikan dengan pendekatan regresi nonparametrik. Regresi nonparametrik merupakan regresi yang fleksibel penggunaannya karena dapat mencari sendiri pola datanya. Kemampuan mengestimasi perilaku data ini ditunjukkan oleh fungsi truncated yang melekat pada estimator [6]. Salah satu kelebihan dari regresi nonparametrik adalah memiliki fleksibilitas yang tinggi [7]. Salah satu pendekatan nonparametrik yaitu menggunakan estimator *Spline Truncated*, dimana nonparametrik Dalam *Spline Truncated* terdapat titik-titik knot yang menunjukkan terjadinya perubahan pola perilaku data [8]. *Spline Truncated* ini bisa memodelkan data yang memiliki karakteristik berubah-ubah pada interval tertentu yang tidak bisa dimodelkan dengan pendekatan parametrik.

Penelitian mengenai IPM sudah banyak dilakukan, tetapi pada penelitian ini memperhatikan beberapa pertimbangan mengenai faktor-faktor yang digunakan. IPM mengalami peningkatan sebesar 0,76% di semua aspek (umur panjang, hidup sehat, pengetahuan, standar hidup layak) selama tahun 2011-2021. Namun, pada tahun 2020 aspek standar hidup layak mengalami penurunan sedangkan aspek lainnya mengalami peningkatan. Sementara itu pada tahun 2021, aspek hidup layak yang diukur berdasarkan rata-rata pengeluaran per kapita mengalami peningkatan sebesar 1,30%. Berdasarkan data diatas, ada beberapa aspek yang mengalami penurunan yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan IPM. Perlunya mengetahui hubungan dari faktor-faktor yang mempengaruhi IPM dapat menjadi suatu strategi dalam meningkatkan Indeks Pembangunan Manusia.



Gambar 1. Peta Penyebaran IPM di Provinsi Jawa Timur

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa persebaran IPM di Jawa Timur pada tahun 2021 tidak merata. Hal tersebut ditandai dengan warna merah yang memiliki IPM diantara 60 sampai dengan 70, sedangkan peta berwarna kuning menandakan IPM di Jawa Timur yang berkisar antara 70-80. Warna hijau menandakan bahwa IPM di Provinsi Jawa Timur yang memiliki nilai diatas 80. Dari persebaran peta pada gambar diatas juga dapat dilihat bahwa IPM yang memiliki warna hijau hanya sedikit, bahkan yang mendominasi adalah warna merah. Dengan adanya hal tersebut maka bisa digunakan pemerintah sebagai acuan perbaikan dan pemerataan IPM di Provinsi Jawa Timur. Hal ini menunjukkan bahwa masih ada wilayah yang kurang berkembang Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur [9].

Pada penelitian ini, data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) akan dimodelkan dengan menggunakan Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*. IPM serta beberapa faktor yang mempengaruhinya akan diestimasi dengan berbagai titik knot untuk mendapatkan model terbaik. Seiring dengan perkembangan permasalahan yang semakin kompleks, memaksa peneliti untuk melibatkan beberapa variabel prediktor [10]. Berdasarkan beberapa pertimbangan diatas, maka akan dilakukan penelitian dengan menggunakan data IPM dengan metode regresi nonparametrik *spline truncated* untuk melihat faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi IPM di Provinsi Jawa Timur tahun 2021.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Regresi Nonparametrik Spline Truncated

Regresi nonparametrik merupakan metode yang digunakan saat kurva regresi antara variabel respon dan variabel prediktor tidak diketahui bentuk atau pola datanya. Kelebihan dari regresi nonparametrik Spline yaitu memiliki fleksibilitas yang tinggi [11]. Pada regresi ini data diharapkan mencari sendiri bentuk estimasi kurva regresinya tanpa ada pengaruh dari subjektivitas peneliti. Secara umum model regresi nonparametrik disajikan sebagai berikut:

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

dimana $f(t_i)$ merupakan kurva regresi yang dihipotesiskan dengan fungsi spline yang memiliki orde p dengan titik knot K_1, K_2, \dots, K_r . Adapun $f(t_i)$ dapat diberikan oleh persamaan berikut:

$$f(t_i) = \sum_{j=0}^p \gamma_0 t_i^j + \sum_{j=0}^r \gamma_{p+j} (t_i - K_j)_+^p \quad (2)$$

Persamaan(1) disubstitusikan ke dalam persamaan (2) dan diperoleh persamaan regresi nonparametrik spline sebagai berikut:

$$y_i = \sum_{j=0}^p \gamma_0 t_i^j + \sum_{j=0}^r \gamma_{p+j} (t_i - K_j)_+^p + \varepsilon_i \quad (3)$$

Dengan fungsi $(t_i - K_j)_+^p$ merupakan fungsi *truncated* (potongan) yang diberikan oleh:

$$(t_i - K_j)_+^p = \begin{cases} (t_i - K_j)^p, & t_i \geq K_j \\ 0, & t_i < K_j \end{cases} \quad (4)$$

dengan

p = orde Spline

K = knot yang terpilih.

B. Pemilihan Titik Knot

Pemilihan titik knot yang optimal digunakan untuk mendapatkan model regresi spline terbaik. Titik knot adalah titik-titik dimana terdapat perubahan perilaku pola data pada selang yang berbeda [11]. Metode yang sering digunakan untuk menentukan titik knot yang optimal adalah *Generalized Cross-Validation* (GCV) [12]. Adapun Fungsi GCV pada model regresi nonparametrik spline truncated secara umum sebagai berikut [13]:

$$GCV = \frac{MSE(K_1, K_2, \dots, K_r)}{(n^{-1} \text{trace}[I - A(K_1, K_2, \dots, K_r)])^2}$$

dengan

$$MSE(K_1, K_2, \dots, K_r) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{f}(x_i))^2$$

dimana

K_1, K_2, \dots, K_r = titik knot pertama hingga knot ke-r.

$GCV(K_1, K_2, \dots, K_r)$ = vektor yang memuat nilai GCV dari titik-titik knot

n = banyaknya pengamatan

$A(K_1, K_2, \dots, K_r)$ = matriks yang memuat titik –titik knot

III. METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Keuangan (Kemenkeu). Data yang diambil berkaitan dengan Indeks pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Timur tahun 2021. Unit penelitian adalah Kabupaten/ Kota di Provinsi Jawa Timur yaitu sebanyak 38 Kabupaten/Kota.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Indeks Pembangunan Manusia (IPM), Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), Jumlah Penduduk Miskin, Pendapatan Pemerintah Daerah. Berikut dibawah ini merupakan langkah-langkah dalam analisis regresi nonparametrik *Spline Truncated*.

1. Analisis deskriptif untuk mengetahui karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) beserta faktor yang mempengaruhi

2. Memodelkan Indeks Pembangunan Manusia dengan pendekatan regresi nonparametrik *Spline Truncated*. Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuat diagram pencar variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor, untuk mengetahui bentuk hubungan antara Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan variabel yang mempengaruhi. Membuat model variabel respon dan prediktor dengan berbagai titik knot 1 titik knot, 2 titik knot, dan

3 titik knot. Selanjutnya menentukan titik-titik knot optimal berdasarkan nilai GCV minimum dan selanjutnya digunakan untuk pemilihan model terbaik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif digunakan untuk mengetahui gambaran Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2021. Berikut disajikan dalam ringkasan IPM beserta variabel yang mempengaruhi pada Tabel 1 dibawah ini.

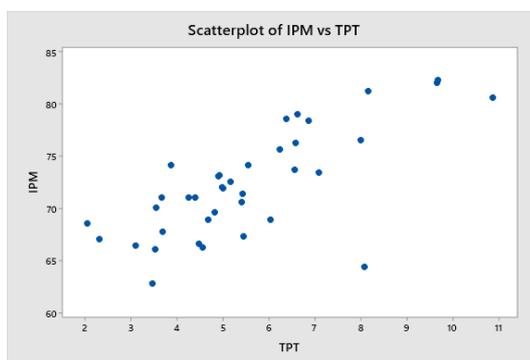
Tabel 1. Statistika Deskriptif

Variabel	Rata-rata	St. Deviasi	Maksimum	Minimum
IPM	72,23	5,07	82,31	62,80
TPT	5,52	2,01	10,87	2,04
Penduduk Miskin	120,3	74,4	276,6	8,4
Pendapatan Daerah	2390	1362	8660	781

Berdasarkan Tabel 1 diatas dapat diketahui bahwa rata-rata Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Timur sebesar 72,23 dengan nilai simpangan antar kota/kabupaten sebesar 5,07. Indeks Pembangunan Manusia tertinggi sebesar 82,31 berada pada Kota Surabaya dan terendah yaitu sebesar 62,80 berada pada Kabupaten Sampang. Rata-rata Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) di Provinsi Jawa Timur sebesar 5,52% dengan nilai simpangan antar kota/kabupaten sebesar 2,01%. Tingkat Pengangguran Terbuka terbesar yaitu sebesar 10,87% berada pada Kabupaten Sidoarjo dan terendah sebesar 2,04% berada pada Kabupaten Pacitan. Rata-rata penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur sebesar 120,3 ribu jiwa dengan simpangan sebesar 74,4 ribu jiwa. Jumlah penduduk miskin terbanyak berada pada Kabupaten Malang sebesar 276,6 ribu jiwa dan paling sedikit berada pada Kota Mojokerto 8,4 ribu jiwa. Rata-rata Pendapatan Daerah di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur sebesar 2390 Milyar dengan simpangan antar Kabupaten/Kota sebesar 1362 Milyar. Pendapatan Daerah terbesar yaitu 8660 Milyar Rupiah berada pada Kota Surabaya dan terendah berada pada Kota Pasuruan sebesar 781 Milyar Rupiah.

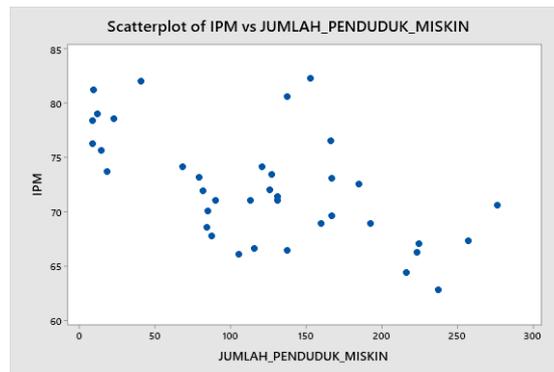
B. Diagram Pencar

Berikut ini ditunjukkan diagram pencar antara Indeks Pembangunan Manusia dengan beberapa faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), jumlah penduduk miskin, dan pendapatan daerah.



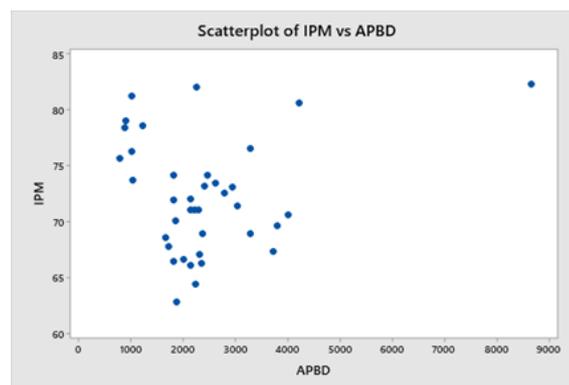
Gambar 2. Diagram Pencar IPM dan TPT

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa hubungan antara IPM dan TPT Provinsi Jawa Timur Tahun 2021 secara umum berbanding lurus positif, artinya semakin tinggi TPT maka IPM juga semakin tinggi.



Gambar 3. Diagram Pencar IPM dan Jumlah Penduduk Miskin

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa hubungan antara IPM dan Jumlah Penduduk Miskin Provinsi Jawa Timur Tahun 2021 secara umum berbanding terbalik, artinya semakin tinggi jumlah penduduk miskin maka IPM juga semakin menurun



Gambar 4. Diagram Pencar IPM dan Pendapatan Pemerintah Daerah

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa hubungan antara IPM dan pendapatan pemerintah Provinsi Jawa Timur Tahun 2021 secara umum berbanding lurus positif, artinya semakin tinggi Pendapatan Pemerintah Daerah maka IPM juga semakin tinggi.

Berdasarkan Gambar 2-4 dapat dilihat bahwa secara sekilas memiliki trend yang naik maupun turun tetapi memiliki sifat yang tidak linier, artinya berubah-ubah pada sub-sub interval tertentu. Berdasarkan kajian teori sebelumnya sesuai apabila hubungan antara IPM dengan variabel yang di duga mempengaruhi yaitu TPT, jumlah penduduk miskin dan pendapatan pemerintah didekati dengan suatu pemodelan yaitu regresi nonparametrik *Spline Truncated*.

C. Pemodelan Regreai Nonparametrik *Spline Truncated*

Pada pemodelan regresi nonparametrik *Spline Truncated* akan dicobakan beberapa titik knot yaitu 1, 2, dan 3. Berikut ini ditunjukkan titik knot beserta nilai GCV untuk pemilihan model yang terbaik pada Tabel 2.

Table 2. Nilai GCV Model Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*

Titik Knot	Nilai GCV
1 Titik Knot	5,82
2 Titik Knot	6,34
3 Titik Knot	5,40

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa nilai GCV minimum yaitu 5,40 berada pada 3 titik knot. Sehingga pemodelan IPM dan beberapa variabel yang mempengaruhinya digunakan regresi nonparametrik *Spline Truncated* dengan 3 titik knot.

D. Pemilihan Titik Knot Optimum

Pada pemilihan titik knot terdapat beberapa metode, dimana pada analisis regresi nonparametrik biasanya digunakan metode GCV seperti pada penelitian sebelumnya [15]. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa model yang menghasilkan nilai GCV minimum ada pada regresi nonparametrik *Spline Truncated* dengan 3 titik knot. Berikut ditunjukkan letak titik knot pada masing-masing variabel yang mempengaruhi IPM terdapat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Letak Titik Knot Optimum berdasarkan Nilai GCV Minimum

Variabel	Titik Knot
TPT	4,98
	5,96
	9,89
Jumlah Penduduk Miskin	97,78
	127,57
	246,78
Pendapatan Pemerintah Daerah	3407,35
	4282,86
	7784,89

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui GCV minimum terjadi saat Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) pada nilai 4,98%;5,98%; dan 9,89%, variabel jumlah penduduk miskin pada nilai 97,78 ribu jiwa; 127,57 ribu jiwa; dan 246,78 ribu jiwa, saat pendapatan pemerintah daerah pana nilai 3407,35 M; 4282,86 M; dan 7784,89 M mengalami perubahan pola yang terpotong.

E. Estimasi Parameter Model Terbaik

Selanjutnya dilakukan estimasi parameter model regresi nonparametrik *Spline Truncated* berdasarkan model terbaik yaitu dengan tiga titik knot. Estimasi parameter model dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Table 4. Estimasi Parameter Model Terbaik

Variabel	Parameter	Estimasi
Intersep	β_0	68,471
	β_1	1,246
X ₁	β_2	-0,038
	β_3	0,00062
	β_4	0,079
	β_5	0,055
X ₂	β_6	-2,129
	β_7	-0,090
	β_8	0,175
X ₃	β_9	0,025
	β_{10}	0,00012
	β_{11}	0,00007
	β_{12}	0,00003

Berdasarkan model terbaik yaitu dengan tiga titik knot diperoleh hasil estimasi parameter yang terdapat pada Tabel 4 akan membentuk model regresi nonparametrik *Spline Truncated* seperti pada persamaan berikut dibawah ini.

$$\hat{y} = 68,471 + 1,246x_1 - 0,038(x_1 - 4,98)_+ + 0,0006(x_1 - 5,96)_+ + 0,079(x_1 - 9,89)_+ + 0,055x_2 - 2,129(x_2 - 97,78)_+ - 0,090(x_2 - 127,57)_+ + 0,175(x_2 - 246,78)_+ + 0,025x_3 + 0,0001(x_3 - 3407,35)_+ + 0,0001(x_3 - 4282,86)_+ + 0,00003(x_3 - 7784,89)_+$$

Spline Truncated adalah model yang berubah-ubah pada sub interval tertentu, sehingga pada saat interpretasi model *Spline Truncated* fungsi yang digunakan sebagai berikut dibawah ini.

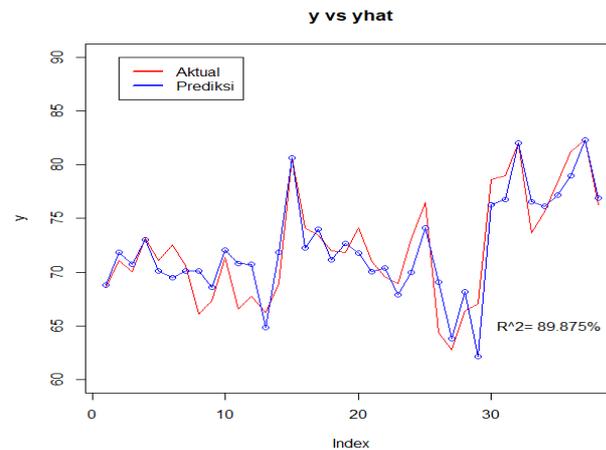
$$\hat{y} = \begin{cases} 1,246x_1 & ; 0 \leq x_1 \leq 4,98 \\ -0,189 + 1,208x_1 & ; 4,98 \leq x_1 \leq 5,96 \\ 0,004 + 1,209x_1 & ; 5,96 \leq x_1 \leq 9,89 \\ 0,781 + 1,288x_1 & ; x_1 \geq 9,89 \\ 0,055x_2 & ; 0 \leq x_2 \leq 97,78 \\ -208,174 - 2,074x_2 & ; 97,78 \leq x_2 \leq 127,57 \\ -11,4813 - 2,164x_2 & ; 127,57 \leq x_2 \leq 246,78 \\ 43,187 - 1,989x_2 & ; x_2 \geq 246,78 \\ 0,025x_3 & ; 0 \leq x_3 \leq 3407,35 \\ 0,409 + 0,025x_3 & ; 3407,35 \leq x_3 \leq 4282,86 \\ 0,299 + 0,026x_3 & ; 4282,86 \leq x_3 \leq 7784,89 \\ 0,233 + 0,025x_3 & ; x_3 \geq 7784,89 \end{cases}$$

Berdasarkan model regresi nonparametrik diatas dapat diinterpretasikan sebagai berikut (lihat Tabel 5)

Table 5. Interpretasi model regresi nonparametrik

Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)	Kabupaten / Kota	Peningkatan IPM (Setiap Kenaikan TPT sebesar 1%)
< 4,98%	Kab. Pacitan, Kab. Sumenep, Kab. Pamekasan, Kab. Sampang, Kab. Lumajang, Kab. Trenggalek, Kab. Blitar, Kab. Situbondo, Kab. Magetan, Kab. Ngawi, Kab. Ponorogo, Kab. Bondowoso, Kab. Probolinggo, Kab. Tuban, Kab. Bojonegoro, Kab. Lamongan, Kab. Tulungagung, Kab. Nganjuk	1,246
4,98% – 5,96%	Kab. Madiun, Kab. Kediri, Kab. Malang, Kab. Banyuwangi, Kab. Jember, Kab. Mojokerto	1,208
5,96% – 9,89%	Kab. Pasuruan, Kota Pasuruan, Kota Kediri, Kota Probolinggo, Kota Batu, Kota Blitar, Kota Mojokerto, Kab. Jombang, Kab. Gresik, Kab. Bangkalan, Kota Madiun, Kota Malang, Kota Surabaya	1,209
> 4,98%	Kab. Sidoarjo	1,288

Begitu juga interpretasi untuk hubungan antara variabel jumlah penduduk miskin dan pendapatan pemerintah terhadap Indeks Pembangunan Manusia. Berikut ini ditunjukkan perbandingan antara nilai Indeks Pembangunan Manusia (IPM) aktual dan prediksi.



Gambar 5. Perbandingan antara IPM Aktual dan IPM Prediksi

Berdasarkan Gambar 5 di atas terlihat bahwa nilai prediksi hampir mendekati nilai aktualnya. Dari perhitungan, pemodelan data IPM di Jawa Timur pada Tahun 2021 dengan menggunakan Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* menghasilkan nilai R^2 sebesar 89,875%. Hal tersebut menunjukkan bahwa Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), jumlah penduduk miskin, dan pendapatan pemerintah mampu menjelaskan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sebesar 89,875%.

V. KESIMPULAN

Pada pemodelan regresi nonparametrik *Spline Truncated* yang diaplikasikan pada data Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2021 dicobakan beberapa titik knot yaitu 1 titik knot, 2 titik knot, dan 3 titik knot. Hasil yang diperoleh bahwa model terbaik terdapat pada percobaan 3 titik knot dengan nilai GCV minimum yaitu sebesar 5,40 dan nilai R^2 sebesar 89,875%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik (BPS). Statistik Indonesia 2020.
- [2] Badan Pusat Statistik (BPS). Statistik Indonesia dalam Infografis 2021.
- [3] R. N. S. Setiawan, I.N. Budiantara, and V. Ratnasari, Application of Confidence Intervals for Parameters of Nonparametric Spline Truncated Regression on Index Development Gender in East Java, *IPTEK Journal of Science*, vol. 2, no.3, pp.49–55, 2017.
- [4] I. Y. A. Polanagau, Sifriyani, & Wasono, Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline Truncated dan Aplikasinya pada Indeks Pembangunan Manusia di Pulau Kalimantan. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Statistika*. 130-137. 2019.
- [5] F. Kusunartutik & N. K. Dwidayati, Pemilihan Titik Knot Optimal Menggunakan Metode GCV dalam Regresi Nonparametrik Spline Truncated, *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, vol.45, no.2, pp. 69-76, 2022.
- [6] R. Hidayat, Yuliani & M. Sam, Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Spline Truncated, *Prosiding Seminar Nasional*, vol.03, no.1, pp. 203-210, 2018.
- [7] J. R. L. Eubank, *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*. New York: Marcel Dekker, 1999
- [8] I. N. Budiantara, *Regresi Nonparametrik Spline Truncated*. Surabaya: ITS Press, 2019.
- [9] R. Fidella, The Factors Affecting HDI Indonesia, *International Journal of Science, Engineering, and Technology*, vol. 8, no.6, pp. 160-167, 2021.
- [10] A. F. Dewi, I. N. Budiantara & V. Ratnasari, Parameter Estimation of Spline Truncated, Kernel, and Fourier Series Mixed Estimators in Semiparametric Regression, *AIP Conference Proceedings* vol. 2540, Issue 1, 2023.
- [11] W. Hardle, *Applied Nonparametric Regression*. New York: Cambridge University Press, 1990.
- [12] G. Wahba, *Spline Models for Observational Data*. Pennsylvania: SIAM, 1990
- [13] R. L. Eubank, & W. Thomas, Detecting Heterocedasticity in Nonparametric Regression. *Journal of the American Statistical Association*, 387-392. 1993.
- [14] I. N. Budiantara, M. Ratna, I. Zain, dan W. Wibowo, "Modeling the Percentage of Poor People in Indonesia Using Spline Nonparametric Regression Approach," *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*, vol. 12, no. 06, pp. 119– 124, 2012.
- [15] A. T. R. Dani, V. Ratnasari, and I. N. Budiantara, Optimal Knots Point and Bandwidth Selection in Modeling Mixed Estimator Nonparametric Regression, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol.1115, 012020, 2021.



© 2023 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).