

PENDEKATAN REGRESI NONPARAMETRIK SPLINE TRUNCATED PADA INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI SULAWESI SELATAN

Selvi Meilinda*, Sudarmin, Muhammad Nusrang

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

Keywords: GCV, Human Development Index, Spline Truncated Nonparametric Regression

Abstract:

The human development index is an improvement in the quality of life for society which is used as a benchmark for human development which consists of 3 basic aspects, namely health, education and life worthiness. In South Sulawesi, the Human Development Index (HDI) has been categorized as high even though its growth tends to slow down. There are several factors that are thought to influence HDI in South Sulawesi, namely, Life Expectancy, Average Length of Schooling, Population Percentage, Morbidity Rate, and Gross Regional Domestic Product (GRDP). Modeling is done by using the spline truncated nonparametric regression analysis method with the Generalized Cross Validation (GCV) approach to obtain the best optimal value that is the minimum optimal value. The results of this study indicate that based on the fishery significance test of the model parameters, it can be seen that there are variables that significantly influence the Human Development Index in South Sulawesi, namely Gross Regional Domestic Product (x5). Based on the research, the minimum GCV value was 0.08 which was obtained from 3 knots with a value of 90.94%. R^2

1. Pendahuluan

Analisis regresi merupakan suatu metode yang biasanya digunakan untuk memodelkan persamaan matematis yang dapat menjelaskan hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor. Pendekatan model regresi ditentukan berdasarkan pola datanya. Pola hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor dapat diduga dengan tiga pendekatan, yaitu pendekatan parametrik, nonparametrik dan semiparametrik. Pada umumnya jika data menyebar normal maka digunakan pendekatan regresi parametrik. Statistika parametrik adalah suatu ilmu statistika yang mempertimbangkan suatu distribusi data memenuhi normalitas dengan asumsi (1) model bersifat linier aditif, (2) bentuk fungsional kurva diketahui seperti linier, kuadratik, kubik, dan (3) error berdistribusi normal.

Namun demikian seringkali ditemukan dalam berbagai kasus dimana bentuk fungsional dari kurva regresinya tidak diketahui, apabila bentuk pola datanya tidak mengikuti pola maka pendekatan model regresi yang digunakan adalah model regresi nonparametrik. Pendekatan nonparametrik merupakan pendekatan yang belum diketahui bentuk polanya dan diberikan keleluasaan untuk mencari pola kurva regresinya sendiri sehingga sangat fleksibel dan obyektif (Hidayat dkk, 2018). Sedangkan pendekatan semiparmetrik merupakan pola hubungan antar variabel respon yang dapat diketahui bentuk pola kurvanya dengan variabel prediktor yang hanya sebagian variabel yang dapat diketahui bentuk polanya (Effendi, 2017). Dalam regresi nonparametrik terdapat metode yang dapat mencari sendiri pola data tanpa mengikuti pola tertentu, yaitu metode spline. Spline merupakan pola hubungan yang dapat mencari sendiri pola datanya tanpa mengikuti pola tertentu. Truncated merupakan fungsi potongan atau terpotong-potong. Spline truncated merupakan model polinomial yang memiliki sifat terpotong-potong dengan titik-titik knot kurva yang mulus. Untuk

* Corresponding author.

E-mail address: selvimeilinda19@gmail.com



menerapkan metode regresi nonparametrik spline truncated maka data yang digunakan adalah Indeks Pembangunan Manusia di Sulawesi Selatan karena belum diketahui bentuk polanya.

Indeks Pembangunan Manusia merupakan sebuah konsep yang menginginkan peningkatan kualitas hidup untuk masyarakatnya dan sebagai standar ukur pembangunan manusia di suatu Negara dengan mempertimbangkan aspek kesehatan, pendidikan dan kelayakan hidup. Tujuan utama dari pembangunan manusia adalah mampu menciptakan lingkungan yang memungkinkan bagi masyarakat untuk memiliki umur panjang, sehat, dan menjalankan kehidupan yang produktif (Human Development Report, 1990). Pada tahun 1996 IPM pertama kali dipublikasikan UNDP (United Nation Development Programme) melalui Human Development Report, yang kemudian berkelanjutan. Pembangunan manusia dapat dinilai secara parsial dengan melihat seberapa besar permasalahan yang paling mendasar di masyarakat dapat mengatasi IPM. Di Pulau Sulawesi, Sulawesi Selatan berada pada posisi kedua setelah Sulawesi Utara. Pada tahun 2018 IPM di Sulawesi Selatan sudah berstatus tinggi, setelah mengalami proses perubahan status dari sedang menjadi tinggi di tahun 2017. Selama 5 tahun belakangan ini angka IPM Sulawesi Selatan masih di bawah IPM Nasional (BPS, 2018). Pembangunan di Sulawesi Selatan mengalami kenaikan beberapa tahun terakhir ini meskipun pertumbuhannya cenderung melambat.

Penyelesaian model regresi telah dibahas beberapa peneliti sebelumnya diantaranya, Budiantara & Merdekawati (2013), tentang pemodelan regresi nonparametrik spline truncated multivariabel pada faktor-faktor yang mempengaruhi kemiskinan di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah, kemudian Budiantara & Bintariningrum (2014), tentang pemodelan Regresi Nonparametrik Spline Truncated dan aplikasinya pada Angka Kelahiran Kasar di Surabaya dan Budiantara & Yanthi, pada tahun 2016 tentang pemodelan faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia menggunakan Regresi Nonparametrik Spline di Jawa Tengah.

Berdasarkan penelitian diatas, peneliti juga akan melakukan penelitian dan pengkajian data IPM dengan menggunakan metode regresi nonparametrik spline truncated untuk melihat faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi IPM di Sulawesi Selatan.

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif yang merupakan jenis penelitian yang melibatkan pengambilan data secara statistik sehingga dapat dilakukan perhitungan dan intepretasi yang dapat disajikan dalam bentuk grafik, diagram, tabel dan pengujian hipotesis.

2.2 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan tahun 2018. Data sekunder yang digunakan berupa indeks pembangunan manusia, angka harapan hidup, rata-rata lama sekolah, persentase penduduk, angka kesakitan dan PDRB pada 24 kabupaten/kota di Sulawesi selatan tahun 2018.

2.3 Definisi Operasional Variabel

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah nilai komposit dari pada pembangunan manusia yang dihitung dalam tiga komponen yaitu peluang hidup (longevity), pengetahuan (knowledge) dan standar hidup layak (living standards). Angka Harapan Hidup adalah rata-rata tahun hidup yang masih akan dijalani oleh seseorang yang telah berhasil mencapai umur x , pada suatu tahun tertentu, dalam situasi mortalitas yang berlaku di lingkungan masyarakatnya. Rata-Rata Lama Sekolah adalah jumlah tahun yang digunakan oleh penduduk dalam menjalani pendidikan formal. RLS dapat digunakan untuk mengetahui kualitas pendidikan masyarakat dalam suatu wilayah. Presentase Penduduk adalah rasio banyaknya penduduk persatuan luas. Kegunaannya adalah sebagai dasar kebijakan pemerataan penduduk dalam program transmigrasi. Angka Kesakitan merupakan ukuran tentang kesakitan atau keluhan kesehatan di suatu wilayah. Apabila angka kesakitan tinggi, maka akan memicu kematian sehingga menyebabkan angka kematian juga tinggi, sehingga angka harapan hidup di suatu wilayah akan rendah. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) merupakan jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dan pengeluaran dalam suatu daerah tertentu, atau merupakan jumlah nilai produk barang dan jasa yang dihasilkan di dalam wilayah domestik untuk selanjutnya digunakan sebagai konsumsi masyarakat.

2.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan langkah-langkah penyelesaian permasalahan hingga selesai. Maka dapat diuraikan teknik analisis data dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

- Membuat *scatter plot* antara indeks pembangunan manusia dengan masing-masing variabel yang diduga berpengaruh untuk mengetahui bentuk pola data.
- Memilih titik *knot* optimal berdasarkan nilai GCV yang paling minimum
- Mendapatkan model regresi *Spline Truncated* dengan titik *knot* optimal
- Menguji signifikansi parameter regresi *Spline Truncated* secara serentak
- Melakukan uji parameter regresi Spline secara parsial
- Menghitung nilai koefisien determinasi R^2 dan MSE

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Statistik Deskriptif

Deskripsi variabel dalam statistik deskriptif yang digunakan dalam penelitian ini meliputi nilai minimum, maksimum, mean dan standar deviasi dari setiap variabel independen Angka Harapan Hidup / AHH (X1), Rata-rata Lama Sekolah / RLS (X2), Persentase Penduduk / PP (X3), Angka Kesakitan / AK (X4), dan Produk Domestik Regional Bruto / PDRB (X5) dan variabel dependen Indeks Pembangunan Manusia IPM (Y). Statistik deskriptif menggambarkan karakter sampel yang digunakan dalam penelitian ini. Statistik deskriptif selengkapnya dalam penelitian ini ditampilkan dalam tabel 3.1 dan gambar 3.1

Tabel 3.1 Statistik deskriptif variabel penelitian

	IPM	AHH	RLS	PP	AK	PDRB
Min. :	63,33	65,89	6,21	4,41	9,02	25,06
1 st Qu.:	67,66	67,27	7,34	7,50	11,25	37,84
Median :	68,79	69,02	7,75	9,06	13,50	42,14
Mean :	69,64	69,05	7,89	9,81	14,13	45,36
3 rd Qu. :	70,62	70,11	7,97	12,75	16,43	47,15
Max.	81,73	73,09	11,09	15,48	21,74	106,23

Berdasarkan Tabel 3.1 dapat dijelaskan bahwa pada variabel Indeks Pembangunan Manusia (Y) diketahui nilai terendah (minimum) sebesar 63,33 terdapat di kabupaten Jeneponto dan tertinggi (maksimum) sebesar 81,73 terdapat di Kota Makassar, nilai kuartil 1 yaitu 67,66 terdapat di kabupaten Tana Toraja, nilai median sebesar 68,79 terdapat di kabupaten Luwu Utara, dan kuartil 3 yaitu 70,62 terdapat di kabupaten Pinrang. Variabel Angka Harapan Hidup (X1), Berdasarkan Tabel 3.1 dapat dijelaskan bahwa nilai terendah (minimum) AHH sebesar 65,89 terdapat di kabupaten Jeneponto dan tertinggi (maksimum) sebesar 73,09 terdapat di kabupaten Toraja Utara. Adapun nilai kuartil 1 adalah 67,27 terdapat di kabupaten Bulukumba, median yaitu 69,02 terdapat di kabupaten Soppeng, dan kuartil 3 adalah 70,11 terdapat di kabupaten Gowa. Variabel Rata-rata Lama Sekolah (X2) berdasarkan Tabel 3.1 dapat dijelaskan bahwa nilai terendah (minimum) RLS sebesar 6,21 terdapat di kabupaten Jeneponto dan tertinggi (maksimum) sebesar 11,09 terdapat di kota Makassar. Adapun nilai kuartil 1 adalah 7,34 terdapat di kabupaten Bulukumba, median yaitu 7,75 terdapat di kabupaten Gowa, dan kuartil 3 senilai 7,97 terdapat di kabupaten Luwu.

Deskripsi Variabel Persentase Penduduk (X3) berdasarkan Tabel 3.1 dapat dijelaskan bahwa nilai terendah (minimum) PP sebesar 4,41 terdapat di kota Makassar dan tertinggi (maksimum) sebesar 15,48 terdapat di kabupaten Jeneponto. Adapun nilai kuartil 1 adalah 7,500 terdapat di kabupaten Soppeng, dan kuartil 3 sebesar 12,75 terdapat di kabupaten Tana Toraja. Variabel Angka Kesakitan (X4) berdasarkan Tabel 3.1 dapat dijelaskan bahwa nilai terendah (minimum) AK sebesar 9,02 terdapat di kabupaten Bone dan tertinggi (maksimum) sebesar 21,74 terdapat di kabupaten Bantaeng. Adapun nilai kuartil 1 adalah 11,25 terdapat di kabupaten Toraja Utara, median yaitu 13,50 terdapat di kabupaten Tana Toraja, dan kuartil 3 sebesar 16,43 terdapat di kabupaten Jeneponto. Variabel Produk Domestik Regional Bruto (X5) berdasarkan Tabel 3.1 dapat dijelaskan bahwa nilai terendah (minimum) PDRB sebesar 25,06 terdapat di kabupaten Gowa dan tertinggi (maksimum) sebesar 106,23 terdapat di kota Makassar. Adapun nilai kuartil 1 adalah 37,84 terdapat di kabupaten Toraja Utara, median yaitu 42,14 terdapat di kabupaten Sinjai, dan kuartil 3 sebesar 47,15 terdapat di kabupaten Wajo.

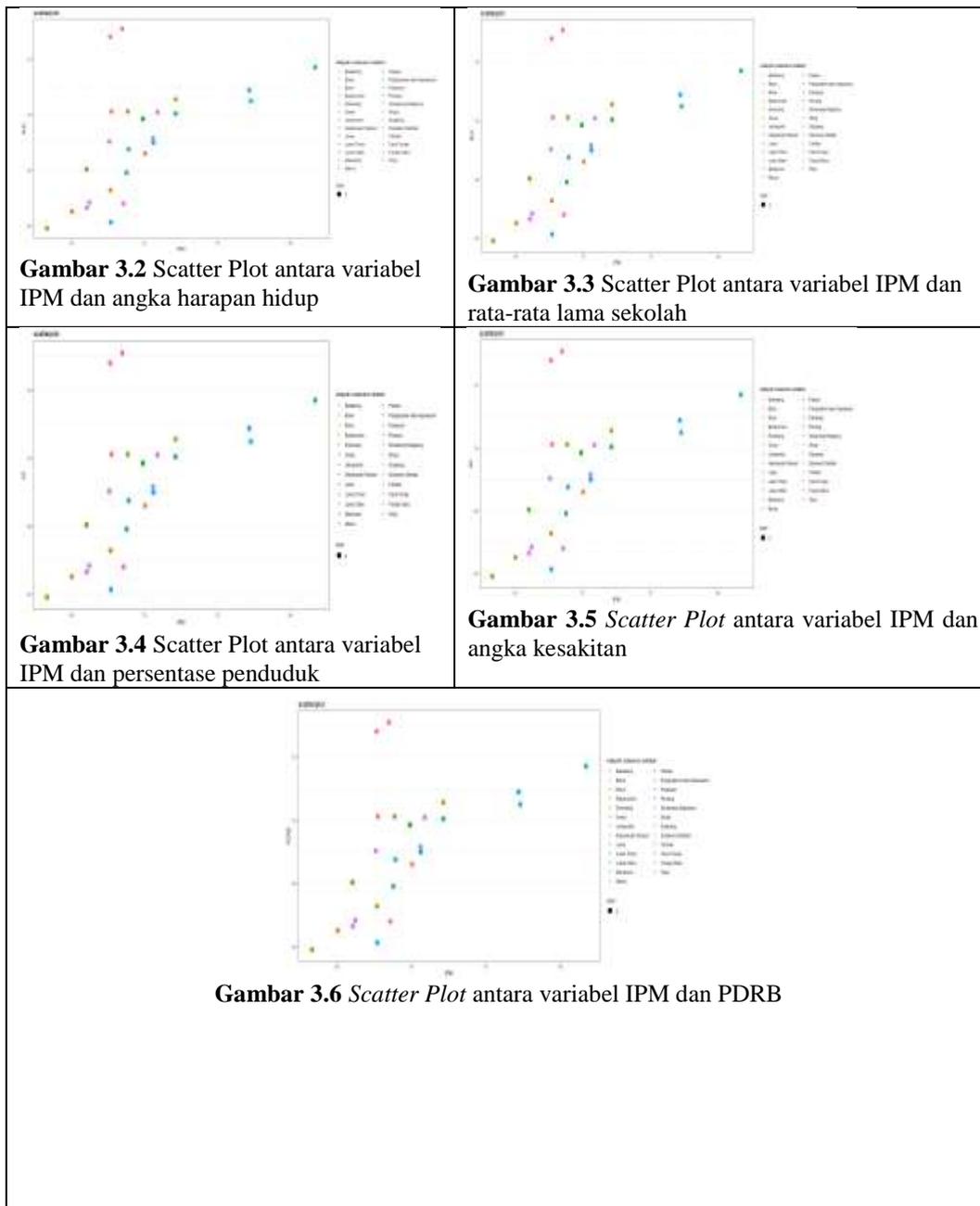
3.2 Scatter Plot

Berdasarkan semua bentuk Scatter Plot yang diperoleh sehingga metode yang dapat digunakan adalah metode regresi nonparametrik.

3.3 Regresi Linear Berganda

Berdasarkan pola hubungan yang digambarkan melalui Scatter Plot antara variabel indeks pembangunan manusia dengan masing-masing variabel yang mempengaruhinya, dapat diketahui bahwa Scatter Plot menunjukkan pola data yang tidak membentuk pola tertentu. Dengan ini, pemodelan indeks pembangunan manusia di wilayah Sulawesi Selatan dilakukan menggunakan metode regresi nonparametrik spline Truncated. Model regresi nonparametrik spline Truncated didapatkan dari titik knot yang optimal. Untuk pemilihan titik knot yang optimal dilakukan berdasarkan nilai GCV yang paling minimum. Berikut ini merupakan pemilihan titik knot optimal dengan satu knot, dua knot, dan tiga knot.

Tabel 3.2 Perbandingan Nilai GCV Minimum



Model	GCV
1 Knot	1,39
2 Knot	0,96
3 Knot	0,08

Berdasarkan Tabel 3.2 diatas dapat dilihat bahwa model regresi paling minimum yaitu model regresi dengan tiga titik dengan nilai GCV sebesar 0,08.

3.4 Penaksiran Parameter Model Regresi Nonparametrik Spline Truncated

Model regresi nonparametrik spline Truncated terbaik untuk dilakukan estimasi variabel menggunakan Ordinary Least Squares (OLS). Berdasarkan pemilihan titik knot optimal yang telah dilakukan, maka model regresi yang terbaik yaitu model dengan tiga titik knot. Model regresi nonparametrik yang terbentuk yaitu:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 (x_1 - k_1)_+ + \beta_3 (x_1 - k_2)_+ + \beta_4 (x_1 - k_3)_+ + \hat{\beta}_5 x_2 + \hat{\beta}_6 (x_2 - k_4)_+ + \hat{\beta}_7 (x_2 - k_5)_+ + \hat{\beta}_8 (x_2 - k_6)_+ + \hat{\beta}_9 x_3 + \hat{\beta}_{10} (x_3 - k_7)_+ + \hat{\beta}_{11} (x_3 - k_8)_+ + \hat{\beta}_{12} (x_3 - k_9)_+ + \hat{\beta}_{13} x_4 + \hat{\beta}_{14} (x_4 - k_{10})_+ + \hat{\beta}_{15} (x_4 - k_{11})_+ + \hat{\beta}_{16} (x_4 - k_{12})_+ + \hat{\beta}_{17} (x_4 - k_{13})_+ + \hat{\beta}_{18} x_5 + \hat{\beta}_{19} (x_5 - k_{14})_+ + \hat{\beta}_{20} (x_5 - k_{15})_+$$

Tabel 3.3 Estimasi Parameter

Variabel	Parameter	Estimasi
	β_0	67,70
x_1	β_1	11,69
	β_2	3,70
	β_3	-15,99
	β_4	8,02
x_2	β_5	-4,11
	β_6	-1,72
	β_7	6,32
	β_8	-18,26
x_3	β_9	48,32
	β_{10}	-29,81
	β_{11}	38,06
	β_{12}	2,28
x_4	β_{13}	-20,90
	β_{14}	11,37
	β_{15}	-1,99
	β_{16}	18,38
x_5	β_{17}	-13,29
	β_{18}	34,35
	β_{19}	8,81
	β_{20}	20,46

$$\hat{y} = 67,70 + 11,69x_1 + 3,70(x_1 - 67,94) - 15,99(x_1 - 67,94) + \\ + 8,02(x_1 - 70,00) - 4,11x_2 - 1,72(x_2 - 7,30) + \\ + 6,324(x_2 - 7,60) - 18,267(x_2 - 8,99) + 48,323x_3 - \\ - 29,81(x_3 - 6,89) + 38,06(x_3 - 7,57) + 2,28(x_3 - 10,73) - \\ - 20,90x_4 + 11,37(x_4 - 11,87) - 1,99(x_4 - 12,65) + \\ + 18,387(x_4 - -16,28) - 13,29 x_5 + 34,35(x_5 - 43,28) + + 8,81(x_5 - 48,25) + \\ + 20,46(x_5 - 71,44)$$

3.5 Pengujian Signifikan Parameter Model Regresi Nonparametrik Spline Truncated

a. Uji Serentak (simultan)

Uji serentak dilakukan pada parameter model regresi terhadap variabel IPM secara bersama-sama atau serentak. Uji serentak menggunakan hipotesis berikut.

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{21} = 0$ (tidak ada perbedaan yang signifikan dalam model)

$H_1: \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, 21$ (Minimal ada satu variable yang signifikan dalam model)

Hasil ANOVA untuk model Regresi nonparametrik spline truncated secara serentak sebagai berikut.

Tabel 3.4 Hasil Uji Serentak

Sumber	df	R Square	F hitung	P-value
Regresi	20	0,38	14,57	0,0008848

Berdasarkan hasil ANOVA pada Tabel 4.7 di atas dapat diketahui bahwa nilai F_{hitung} sebesar 14,57 dan p -value sebesar 0,0008848. Dengan taraf signifikansi (α) sebesar 0,05, dapat dilihat dari nilai Pvalue sebesar 0,0008848 kurang dari $\alpha = 0,05$ maka H_0 ditolak, hal ini menunjukkan bahwa minimal ada satu parameter yang signifikan terhadap model. Untuk mengetahui parameter yang signifikan maka selanjutnya akan dilakukan pengujian model secara individu.

b. Uji Individu (Parsial)

Uji individu dilakukan untuk mengetahui bahwa parameter mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap model

Variabel	Parameter	Estimasi	t-hitung	p-value	keputusan
	β_0	67,70	16,84	0,0000728	Signifikan
x_1	β_1	11,69	0,82	0,45	Tidak Signifikan
	β_2	3,70	0,37	0,72	Tidak Signifikan
	β_3	-15,99	-0,79	0,47	Tidak Signifikan
	β_4	8,02	0,768	0,48	Tidak Signifikan
x_2	β_5	-4,11	-0,38	0,71	Tidak Signifikan
	β_6	-1,72	-0,15	0,88	Tidak Signifikan
	β_7	6,32	0,52	0,62	Tidak Signifikan
x_3	β_8	-18,26	-1,08	0,33	Tidak Signifikan
	β_9	48,32	1,28	0,26	Tidak Signifikan
	β_{10}	-29,81	-1,27	0,27	Tidak Signifikan
	β_{11}	38,06	1,52	0,20	Tidak Signifikan
x_4	β_{12}	2,28	0,15	0,88	Tidak Signifikan
	β_{13}	-20,90	-1,29	0,26	Tidak Signifikan
	β_{14}	11,37	1,61	0,27	Tidak Signifikan
	β_{15}	-1,99	-0,15	0,88	Tidak Signifikan
	β_{16}	18,38	0,54	0,61	Tidak Signifikan
x_5	β_{17}	-13,29	-0,51	0,63	Tidak Signifikan
	β_{18}	34,35	0,78	0,47	Tidak Signifikan
	β_{19}	8,81	0,35	0,73	Tidak Signifikan
	β_{20}	20,46	2,78	0,04	Signifikan

Tabel. 3.5 Output Uji Individu pada Lima Variabel Prediktor

Tabel 3.4 menjelaskan hasil pengujian parameter secara parsial yang signifikan dan tidak signifikan pada variabel bebas disertai dengan nilai thitung dan p-value. Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa terdapat variabel yang signifikan yaitu variabel Produk Domestik Regional Bruto (x_5). Variabel tersebut dikatakan sebagai variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Sulawesi Selatan.

3.6 Koefisien Determinasi

Koefisien Determinasi (R^2) yaitu untuk mendapatkan model terbaik yang mampu menjelaskan hubungan antara variabel prediktor dengan variabel respon. Kriteria yang dapat digunakan dalam pemilihan model terbaik yaitu menggunakan koefisien determinasi. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai R^2 sebesar 0,9094 atau 90,94%. Hal ini menunjukkan bahwa sebesar 90,94% keragaman Indeks Pembangunan Manusia dijelaskan oleh Angka Harapan Hidup, Rata-rata Lama Sekolah, Presentase Penduduk, Angka Kesakitan dan Produk Domestik Regional Bruto sebesar 90,94%. Sedangkan selebihnya dijelaskan oleh variabel lain yang belum dimasukkan dalam model. Dengan nilai R^2 ini dapat dikatakan bahwa model regresi nonparametrik Spline Truncated yang dihasilkan merupakan model yang baik dan layak digunakan untuk pemodelan.

3.7 Interpretasi Model

Dengan menggunakan tingkat signifikan sebesar 5% maka didapatkan kesimpulan bahwa pemodelan regresi nonparametrik spline truncated pada faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Sulawesi Selatan tahun 2018 yaitu Produk Domestik Regional Bruto (x_5). Sehingga faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia pada model Regresi spline linier truncated.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Model regresi nonparametrik spline truncated untuk Indeks Pembangunan Manusia diperoleh titik knot optimal dengan nilai GCV yang paling minimum, titik knot satu di peroleh nilai GCV yaitu 1,39, kemudian untuk dua titik knot di peroleh nilai GCV yaitu 0,96, sedangkan untuk titik tiga knot di peroleh nilai GCV sebesar 0,08. Dari ketiga titik knot tersebut maka digunakan dengan tiga titik knot yang memiliki nilai GCV paling minimum yaitu 0,08 dengan nilai R^2 yaitu 90,94%.
2. Berdasarkan pengujian kesignifikan parameter model dapat diketahui bahwa terdapat variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Sulawesi Selatan adalah Produk Domestik Regional Bruto (x_5).

References

- BPS. (2018). *Indeks Pembangunan Manusia*. Sulawesi Selatan: Badan Pusat Statistik.
- Budiantara, N. I., & Bintariningrum, F. M. (2014). *Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline Truncated Dan Aplikasinya pada Angka Kelahiran Kasar di Surabaya*. Jurnal Sains Dan Seni Pomits, 1-15.
- Budiantara, N. I., & Merdekawati, P. I. (2013). *Pemodelan Regresi Spline Truncated Multivariabel pada Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kemiskinan di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah*. Jurnal Sains Dan Seni Pomits, 19-24.
- Christianto, V.H. (2019). *Analisis Regresi Nonparametrik Model Spline dan Penerapannya*. Skripsi, 1-119.
- Effendi, B. M. (2017). *Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Indonesia*. Media Mahardhika, 254 - 263.
- Eubank, L. R. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*. New York.
- Fadhillah, N. K., Suparti, & Tarno. (2016). *Pemodelan Regresi Spline Truncated Untuk Data Longitudinal*. Jurnal Gaussian, 447-454.
- Hidayat, R., Yuliani, & Sam, M. (2018). *model regresi nonparametrik dengan pendekatan splin truncated*. 03(1)