

Received: 19 September 2022

Revised: 21 December 2022

Accepted: 29 December 2022

Published: 31 December 2022

Pemodelan Produk Domestik Regional Bruto di Indonesia dengan Regresi Nonparametrik Menggunakan Estimator Spline

Luh Putu Safitri Pratiwi^{1,a)}, I Made Pasek Pradnyana Wijaya^{1,b)}

¹Program Studi Sistem Informasi, ITB STIKOM Bali

E-mail: ^{a)}putu_safitri@stikom-bali.ac.id, ^{b)}pasek_pradnyana@stikom-bali.ac.id

Abstract

The implementation of PPKM resulted in a decrease in community activities, hampered mobility and ultimately disrupted overall economic activity. So it is necessary to have a study that can explain the extent of economic development in Indonesia due to COVID-19 with a model. The modeling used in this study is nonparametric regression modeling with a spline estimator. The purpose of this study is to find out the descriptive statistics of GRDP data in all provinces in Indonesia as an indicator of the rate of economic growth in Indonesia and to model GRDP in Indonesia using a nonparametric estimator spline regression. The results obtained in this study are the best spline nonparametric regression model located at three knot points with a GCV value of 5199284230 and produces an R^2 of 98,61 percent.

Keyword: PDRB, Regression, Spline

Abstrak

Penerapan PPKM mengakibatkan penurunan aktivitas masyarakat, menghambat mobilitas dan akhirnya mengganggu aktivitas ekonomi secara keseluruhan. Sehingga diperlukan adanya suatu penelitian yang dapat memaparkan sejauh mana perkembangan perekonomian di Indonesia akibat COVID-19 ini dengan suatu pemodelan. Pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan regresi nonparametrik dengan estimator spline. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui statistika deskriptif data PDRB di seluruh provinsi di Indonesia sebagai indikator laju pertumbuhan ekonomi di Indonesia serta memodelkan PDRB di Indonesia menggunakan regresi nonparametrik estimator spline. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah model regresi nonparametrik spline terbaik terletak pada tiga titik knot dengan nilai GCV sebesar 5199284230 dan menghasilkan R^2 sebesar 98,61%.

Kata-kata kunci: PDRB, Regresi, Spline

PENDAHULUAN

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) merupakan dasar pengukuran atas nilai tambah yang dihasilkan akibat adanya berbagai aktivitas ekonomi dalam suatu wilayah. Manfaat dari PDRB adalah untuk mengetahui tingkat produk neto yang dihasilkan oleh seluruh faktor industri, besar laju

pertumbuhan ekonomi dan pola struktur perekonomian pada satu tahun (BPS, 2021). Selain itu faktor yang membentuk PDRB dan signifikan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi yaitu Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK), Penanaman Modal Asing (PMA), realisasi belanja modal dan realisasi gaji pegawai pada model regresi spline (Khanela, 2017). (Purnowati, 2018) juga pernah melakukan penelitian mengenai PDRB di Indonesia dimana hasil yang diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,8713 yang mengindikasikan bahwa pengaruh variabel TPAK, PMDN, dan PMA terhadap variabel PDRB sebesar 87,13%, sedangkan sebesar 12,87% dipengaruhi faktor lainnya yang tidak teramati oleh penelitiannya tersebut.

Mengingat peranan penting PDRB dalam perekonomian di Indonesia diperlukan adanya suatu penelitian yang dapat memaparkan sejauh mana perkembangan perekonomian. Salah satu cara untuk mengetahui peranan penting faktor yang diduga berpengaruh dalam PDRB adalah dengan melakukan suatu pemodelan. Analisis regresi merupakan suatu metode yang paling sering digunakan untuk melakukan pemodelan, serta dapat melihat hubungan variabel prediktor terhadap variabel respon yang bisa dijabarkan oleh suatu kurva regresi. Apabila tidak ada informasi apapun tentang bentuk dari kurva regresi, maka pendekatan yang digunakan adalah regresi nonparametrik (Budiantara, et al., 2015). Penelitian mengenai regresi nonparametrik spline pernah diteliti oleh (Hasnatul, 2018), mengenai pemodelan pertumbuhan ekonomi di Jawa Tengah menggunakan regresi nonparametrik spline truncated yang menghasilkan sebuah model terbaik di tiga titik knot dan nilai R2 sebesar 98,47 %, penelitian ini juga serupa dengan penelitian (matdoan, et al. 2019) yang menggunakan spline pada data pertumbuhan di Provinsi Maluku dengan model terbaik yaitu tiga knot dan nilai GCV sebesar 11,6.

METODOLOGI

Bahan dan Data

Penelitian ini mengambil lokasi tiap provinsi yang berada di Indonesia sebanyak 34 provinsi yang dilaksanakan mulai bulan Januari-Agustus 2022. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari BKPM (Badan Koordinasi Penanaman Modal) dan Badan Pusat Statistik (BPS) terdiri dari Publikasi Statistik Indonesia 2021 dan Survei Angkatan Kerja Nasional (Sakernas) 2021. Berikut variabel respon dan variabel prediktor yang digunakan, pada TABEL 1.

TABEL 1. Variabel Penelitian

Variabel	Jenis Variabel	Notasi	Satuan
Produk Domestik Regional Bruto	Variabel Respon	Y	Miliar rupiah
Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja	Variabel Prediktor	X ₁	Persentase
Realisasi Investasi Penanaman Modal Asing	Variabel Prediktor	X ₂	US\$ Juta
Realisasi Investasi Penanaman Dalam negeri	Variabel Prediktor	X ₃	Miliar rupiah

Metode Penelitian

Model Regresi Linier

Metode regresi linier adalah analisis statistika yang digunakan untuk memodelkan hubungan ketergantungan antara satu variabel respon (Y) dengan satu atau beberapa variabel prediktor (X). Menurut Montgomery et al., 2012, model regresi linier untuk p variabel prediktor secara umum ditulis sebagai berikut:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_px_p + \varepsilon \tag{1}$$

Jika diambil sebanyak n pengamatan, maka model untuk pengamatan ke- i adalah:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \tag{2}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ (n = banyaknya pengamatan)

$j = 1, 2, 3, \dots, p$ (p = banyaknya prediktor)

di mana:

Y_i = respon ke-i

β_0, \dots, β_p = parameter model sebanyak (p + 1)

X_{ik} = nilai variabel prediktor ke-i pada pengamatan ke-k

ε_i = error ke-i yang diasumsikan identik, independen, dan berdistribusi Normal dengan mean nol dan varians konstan σ^2 atau ($\varepsilon_i \sim IIDN(0, \sigma^2)$).

Regresi Nonparametrik

Eubank (1999) memberikan model regresi nonparametrik berbentuk:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \tag{3}$$

dimana $f(x_i)$ adalah fungsi yang tidak diketahui dan ε_i adalah error yang merupakan variabel random dengan mean nol dan variansi σ^2 . Ada dua pendekatan untuk mengestimasi $f(x_i)$ yaitu pendekatan parametrik dan pendekatan nonparametrik. Pendekatan parametrik digunakan jika ada informasi sebelumnya tentang bentuk $f(x_i)$ apakah linier atau nonlinier. Informasi tersebut diperoleh berdasarkan teori atau pengalaman masa lalu. Sedangkan pendekatan nonparametrik digunakan jika tidak ada informasi tentang bentuk kurva regresi.

Estimator Spline

Estimator spline banyak mendapat perhatian dari para peneliti seperti Lee (2004) serta Howell (2007) diberikan model seperti persamaan (3), dengan $f(x_i)$ merupakan kurva regresi yang dihipotesiskan dengan fungsi spline berorde p dengan titik knot K_1, K_2, \dots, K_r yang dapat diberikan oleh persamaan (4).

$$f(x_i) = \sum_{j=0}^p \beta_j x_i^j + \sum_{j=0}^p \beta_{p+j} (x_i - K_j)_+^p \tag{4}$$

Apabila persamaan (3) disubstitusikan kedalam persamaan (4) maka akan diperoleh persamaan (5).

$$y_i = \sum_{j=0}^p \beta_j x_i^j + \sum_{j=0}^p \beta_{p+j} (x_i - K_j)_+^p + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \tag{5}$$

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

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

Model regresi nonparametrik yang menyatakan hubungan antara p variabel prediktor yang lebih dari satu variabel dengan variabel respon tunggal seperti persamaan (6):

$$y_i = \sum_{j=1}^p f_j(x_{ji}) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{6}$$

Persamaan (6) selanjutnya akan didekati dengan fungsi spline pada persamaan (7).

$$f_j(x_{ji}) = \sum_{v=1}^m \beta_{vj} x_{ji}^v + \sum_{k=1}^r \beta_{j(m+k)} (x_{ji} - K_{jk})_+^m \tag{7}$$

dengan,

x_{ji} : variabel prediktor ke j , $j=1, 2, \dots, p$ dan $i = 1, 2, \dots, n$

y_i : variabel respon ke i , $i = 1, 2, \dots, n$

f : kurva regresi

p : banyaknya variabel prediktor

ε_i : *error* (random) pada subyek ke $i = 1, 2, \dots, n$

Untuk memperoleh titik knot optimal dapat dilihat dari nilai GCV yang paling minimum. Metode GCV secara umum didefinisikan seperti persamaan (8) (Eubank, 1988).

$$GCV(K_1, K_2, \dots, K_r) = \frac{MSE(K_1, K_2, \dots, K_r)}{(n^{-1} \text{trace}[I - A(K_1, K_2, \dots, K_r)])^2} \tag{8}$$

dengan

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi PDRB dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi

Mengingat peranan penting PDRB dalam perekonomian di Indonesia diperlukan adanya suatu penelitian yang dapat memaparkan sejauh mana perkembangan perekonomian. Dalam penelitian ini digunakan data PDRB dan beberapa faktor yang diduga mempengaruhi pada 34 Provinsi di Indonesia. Berikut ini merupakan deskripsi mengenai PDRB dan beberapa faktor yang diduga mempengaruhi yang ditunjukkan dalam TABEL 2.

TABEL 2. Deskripsi PDRB dan Faktor Diduga Mempengaruhi

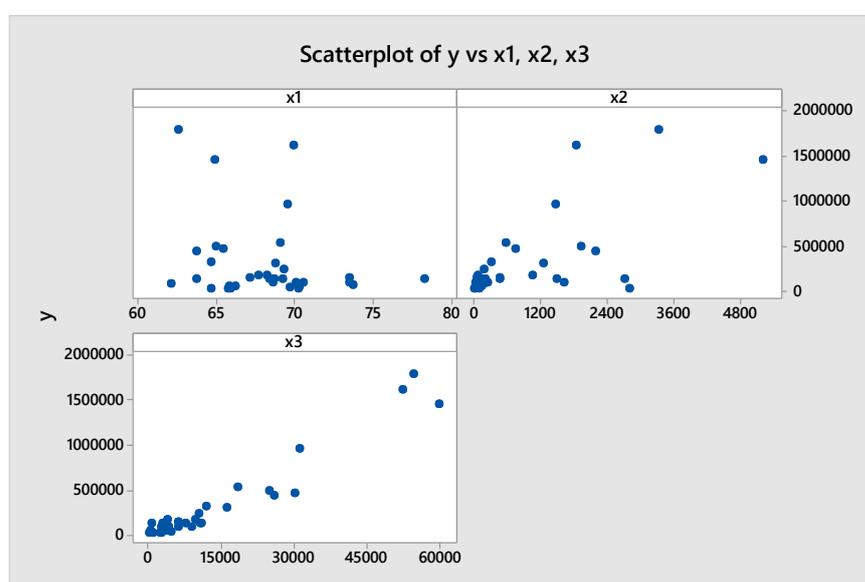
Variabel	Rata-rata	Varians	Minimum	Maximum
Produk Domestik Regional Bruto	318762,64	208038140055,13	28.020,7	1.792.403,4
Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja	68,126	12,161	62,1	78,3
Realisasi Investasi Penanaman Modal Asing	914,506	1467696,178	5,9	5217,7
Realisasi Investasi Penanaman Dalam negeri	13.148,93	250.844.156,265	395,3	59948,5

Berdasarkan TABEL 2, diketahui bahwa rata-rata PDRB (y) di Indonesia pada tahun 2021 adalah sebesar 318.762,641 Miliar rupiah. Sementara itu Provinsi di Indonesia memiliki PDRB minimumnya sebesar 28.020,7 Miliar rupiah sedangkan PDRB maksimum mencapai 1.792.403,4 Miliar rupiah. PDRB di Indonesia tidak terlepas dari faktor-faktor yang mempengaruhinya. Beberapa variabel yang diduga mempengaruhi yaitu tingkat partisipasi angkatan kerja (x_1), Realisasi Investasi Penanaman Modal Asing (x_2), Realisasi Investasi Penanaman Dalam negeri (x_3). Karakteristik variabel x_1 yaitu rata-rata tingkat partisipasi angkatan kerja di Indonesia pada tahun 2021 sebesar 68,126 persen, dimana Provinsi Papua memiliki persentase TPAK tertinggi dan provinsi memiliki persentase terendah yaitu Provinsi Sulawesi Utara, sedangkan nilai varians sebesar 12,161%.

Variabel x_2 memiliki karakteristik yaitu rata-rata Realisasi Investasi Penanaman Modal Asing (RIPMA) di Indonesia pada tahun 2021 sebesar 914,506 US\$ Juta, dimana Provinsi Jawa Barat memiliki RIPMA tertinggi dan provinsi memiliki RIPMA terendah yaitu Provinsi Sulawesi barat. sedangkan nilai varians sebesar 1467696,178 US\$ Juta.

Variabel x_3 memiliki karakteristik yang meliputi rata-rata Realisasi Investasi Penanaman Dalam negeri (RIPDN) di Indonesi pada tahun 2021 sebesar 13.148,932 Miliar Rupiah, dimana Provinsi Jawa Barat memiliki persentase tertinggi dan provinsi terendah Provinsi Sulawesi Barat, sedangkan varians sebesar 250.844.156,265 Miliar Rupiah. Berdasarkan TABEL 2, nilai varian dari data memiliki nilai cukup besar, hal ini menunjukkan data cenderung heterogen yang memiliki sifat atau keadaan yang berbeda (bervariasi).

Sebelum dianalisis menggunakan analisis regresi Spline terlebih dahulu diselidiki pola hubungan antara masing-masing variabel prediktor dengan variabel respon dengan menggunakan *scatter plot*. Plot ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui deteksi awal pola data. Hasil dari *scatter plot* dapat dilihat pada GAMBAR 1.



GAMBAR 1. Scatter Plot Variabel Respon y_1 dengan Variabel Prediktor x_1, x_2, x_3

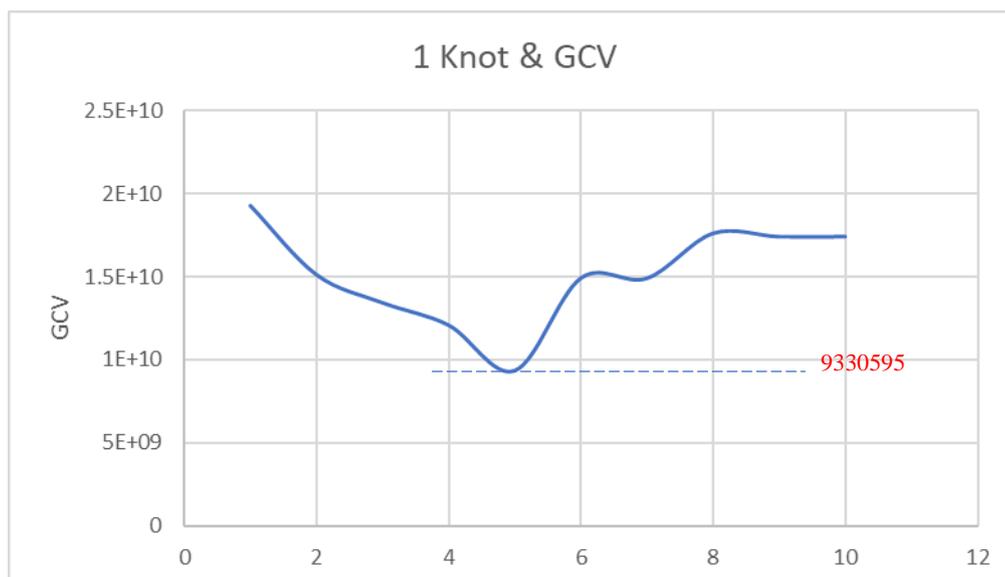
Pada GAMBAR 1, dapat dilihat bahwa PDRB dengan variabel Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (x_1), Realisasi Investasi Penanaman Modal Asing (x_2), Realisasi Investasi Penanaman Dalam Negeri (x_3) tidak mengikuti pola tertentu, sehingga pola hubungan antara masing-masing variabel prediktor dengan variabel respon menggunakan pemodelan regresi nonparametrik.

Pemilihan Titik Knot Optimal Spline Linier Satu Titik Knot

Pada bagian ini dibahas pemilihan titik knot optimal pada regresi Spline linier satu titik knot pada PDRB di Indonesia dengan tiga variabel prediktornya. Berikut ini adalah estimasi model regresi nonparametrik Spline linier dengan satu titik knot pada kasus PDRB.

$$\hat{y} = \hat{\beta}_{01} + \hat{\beta}_{11}x_1 + \hat{\beta}_{21}(x_1 - K_1)_+ + \hat{\beta}_{12}x_2 + \hat{\beta}_{22}(x_2 - K_2)_+ + \hat{\beta}_{13}x_3 + \hat{\beta}_{23}(x_3 - K_3)_+$$

Model regresi nonparametrik Spline linier yang terbaik diperoleh dari titik-titik knot yang optimum. Titik knot optimum diperoleh dari nilai GCV yang paling kecil. Berikut adalah GCV pada regresi nonparametrik dengan satu knot, pada GAMBAR 2.



GAMBAR 2. GCV Satu Titik Knot

Berdasarkan GAMBAR 2, terlihat bahwa nilai GCV paling kecil adalah sebesar 9330595629 dengan titik knot optimal adalah sebagai berikut:

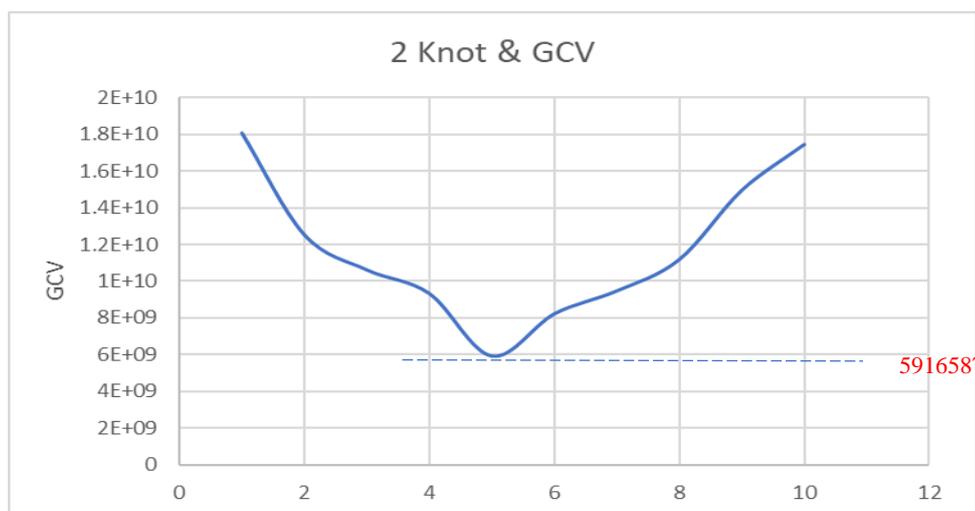
$$x_1 : K_1= 73,01, \quad x_2 : K_2= 3515,89, \quad x_3 : K_3= 40502,56$$

Pemilihan Titik Knot Optimal Spline Linier Dua Titik Knot

Setelah diperoleh GCV minimum pada Spline linier satu titik knot kemudian dilanjutkan menjadi dua titik knot pada setiap variabel. Berikut ini adalah estimasi model regresi nonparametrik Spline linier dengan dua titik knot aplikasi pada data PDRB.

$$\hat{y} = \hat{\beta}_{01} + \hat{\beta}_{11}x_1 + \hat{\beta}_{21}(x_1 - K_1)_+ + \hat{\beta}_{31}(x_1 - K_2)_+ + \hat{\beta}_{12}x_2 + \hat{\beta}_{22}(x_2 - K_3)_+ + \hat{\beta}_{32}(x_2 - K_4)_+ + \hat{\beta}_{13}x_3 + \hat{\beta}_{23}(x_3 - K_5)_+ + \hat{\beta}_{33}(x_3 - K_6)_+$$

Berikut adalah GCV pada regresi nonparametrik dengan dua knot, pada GAMBAR 3.



GAMBAR 3. GCV Dua Titik Knot

Berdasarkan GAMBAR 3, terlihat bahwa nilai GCV minimum adalah 5916587562, dengan titik knot optimal adalah:

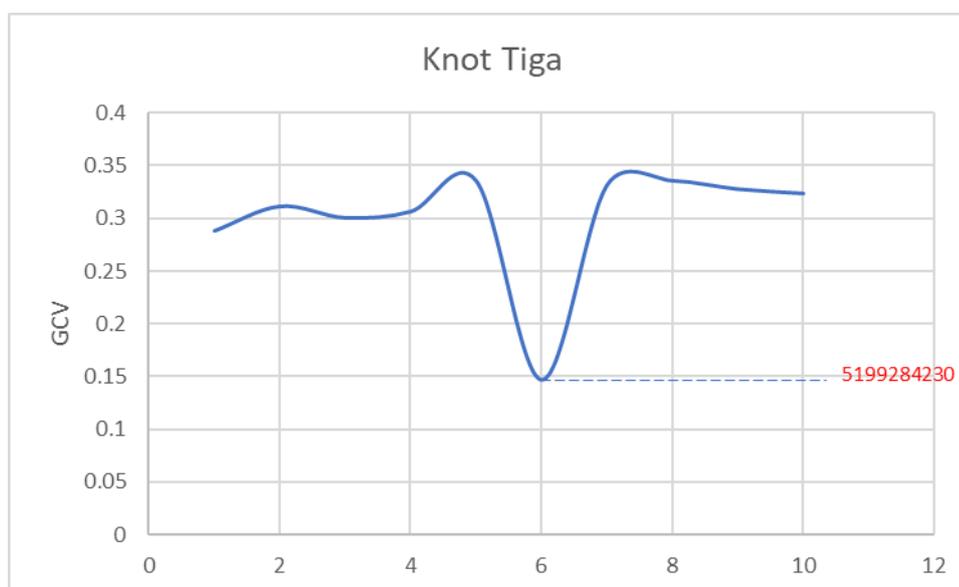
$$x_1 : (K_1=70,37; K_2=71,36), \quad x_2 : (K_3=2664,98; K_4=2984,07), \\ x_3 : (K_5=30779,59; K_6=34425,7),$$

Pemilihan Titik Knot Optimal Spline Linier Tiga Titik Knot

Setelah diperoleh dua titik knot, kemudian dilanjutkan dengan tiga titik knot dengan estimasi model regresi nonparametrik Spline linier tiga knot adalah sebagai berikut:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_{01} + \hat{\beta}_{11}x_1 + \hat{\beta}_{21}(x_1 - K_1)_+ + \hat{\beta}_{31}(x_1 - K_2)_+ + \hat{\beta}_{41}(x_1 - K_3)_+ + \\ + \hat{\beta}_{12}x_2 + \hat{\beta}_{22}(x_2 - K_4)_+ + \hat{\beta}_{32}(x_2 - K_5)_+ + \hat{\beta}_{42}(x_2 - K_6)_+ + \\ + \hat{\beta}_{13}x_3 + \hat{\beta}_{23}(x_3 - K_7)_+ + \hat{\beta}_{33}(x_3 - K_8)_+ + \hat{\beta}_{43}(x_3 - K_9)_+ +.$$

Berikut adalah GCV pada regresi nonparametrik dengan tiga knot, pada GAMBAR 4.



GAMBAR 4. GCV Tiga Titik Knot

Berdasarkan GAMBAR 4, terlihat bahwa GCV minimum sebesar 5199284230. Berikut ini adalah nilai titik knot optimum untuk tiga titik knot pada masing-masing variabel komponen nonparametrik, sebagai berikut:

$$x_1 : (K_1=70,37; K_2=2664,98; K_3=30779,59), \\ x_2 : (K_4=71,03; K_5=2877,71; K_6=33210,33), \\ x_3 : (K_7=71,36; K_8=2984,07; K_9=34425,70)$$

Berdasarkan hasil GCV satu knot, dua knot, tiga knot maka yang digunakan dalam pemodelan adalah knot dengan nilai GCV terkecil dari semua knot yang dihasilkan. Dapat dilihat pada TABEL 3. perbandingan nilai GCV minimum sebagai berikut:

TABEL 3. Perbandingan Nilai GCV minimum dari titik knot

Titik Knot	Nilai GCV Minimum
1	9330595629
2	5916587562
3	5199284230

Pada TABEL 3, diperoleh nilai GCV terkecil terletak pada tiga titik knot yaitu sebesar **5199284230**, hasil ini selanjutnya akan digunakan dalam pemodelan PDRB di Indonesia.

Pemodelan PDRB dengan Menggunakan Titik Knot Optimal

Pemodelan PDRB di Indonesia dengan menggunakan tiga titik knot berdasarkan pemilihan titik knot optimal yang telah dilakukan. Model regresi nonparametrik spline yang terbentuk dengan menggunakan tiga titik knot adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = -60,90 + 221,41x_1 + 3209,47(x_1 - 70,34)_+ + 2833,72(x_1 - 71,03)_+ + 2643,96(x_1 - 71,36)_+ + 19,50x_2 - 463,94(x_2 - 2664,98)_+ + 2916,13(x_2 - 2877,71)_+ - 2792,70(x_2 - 2984,07)_+ + 16,70x_3 + 749,74(x_3 - 30779,59)_+ - 2196,20(x_3 - 33210,33)_+ + 1480,57(x_3 - 34425,70)_+ +$$

Model regresi spline dengan tiga titik knot ini memiliki R² sebesar 98,61%. Hal ini memiliki arti bahwa model ini dapat menjelaskan PDRB sebesar 98,61%.

Pengujian Signifikansi Parameter Model Regresi Spline

Pengujian signifikansi parameter ini dilakukan untuk mengetahui apakah parameter yang didapatkan dari hasil pemodelan dengan regresi nonparametrik spline memiliki signifikan terhadap PDRB di Indonesia. Pengujian signifikansi terdiri dari uji serentak dan dilanjutkan dengan uji individu, bilamana parameter uji serentak terhadap PDRB signifikan.

Uji Serentak

Pengujian serentak dilakukan untuk mengetahui apakah variabel prediktor secara bersama-sama berpengaruh terhadap PDRB. Uji hipotesis serentak untuk parameter model diberikan oleh:

$$H_0 : \beta_{11} = \beta_{21} = \dots = \beta_{(p+r)h} = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_{uj} \neq 0, u = 1, 2, \dots, (p + r), \text{ dan } j = 1, 2, \dots, h.$$

Hasil uji estimasi parameter secara serentak dapat dilihat dalam TABEL 4.

TABEL 4. Analysis of Variance (ANOVA) Model Regresi Spline Secara Serentak

Sumber Variansi	df	SS	MS	Fhit
Regresi	12	6,769671e+12	564139283622	
Error	21	95571725851	4551034564	123,9585
Total	33	6,865243e+12	-	

TABEL 4, merupakan tabel ANOVA yang digunakan untuk menguji estimasi parameter secara serentak, diperoleh nilai $F_{hit}=123,9585 > F_{tabel}=$, sehingga dalam hal ini dapat diambil keputusan bahwa

H_0 ditolak, dapat diambil kesimpulan minimal terdapat satu variabel yang memberikan pengaruh signifikan terhadap model. Selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi parameter secara individu.

Uji Individu

Pengujian secara individu dilakukan untuk mengetahui signifikansi parameter apakah tiga parameter dalam persamaan regresi yang dihasilkan memiliki pengaruh signifikan terhadap model atau tidak. Hipotesis pada uji t adalah sebagai berikut:

$$H_0: \hat{\beta}_{uj} = 0$$

$$H_1: \hat{\beta}_{uj} \neq 0$$

Berikut ini adalah hasil pengujian signifikansi parameter secara individu yang ditunjukkan dalam TABEL 5.

TABEL 5. Pengujian Parameter Model Regresi Secara Individu

Variabel	Parameter	Estimasi	t_{hit}	Keputusan
-	$\hat{\beta}_0$	-60,90	-0,86	Tidak Signifikan
	$\hat{\beta}_{11}$	221,41	0,73	Tidak Signifikan
x_1	$\hat{\beta}_{21}$	3209,47	0,94	Tidak Signifikan
	$\hat{\beta}_{31}$	2833,72	0,94	Tidak Signifikan
	$\hat{\beta}_{41}$	2643,96	0,95	Tidak Signifikan
	$\hat{\beta}_{12}$	19,50	0,83	Tidak Signifikan
x_2	$\hat{\beta}_{22}$	-463,94	-0,72	Tidak Signifikan
	$\hat{\beta}_{32}$	2916,13	1,99	Tidak Signifikan
	$\hat{\beta}_{42}$	-2792,70	-2,50	Signifikan
	$\hat{\beta}_{13}$	16,70	8,10	Signifikan
x_3	$\hat{\beta}_{23}$	749,74	5,11	Signifikan
	$\hat{\beta}_{33}$	-2196,20	-2,67	Signifikan
	$\hat{\beta}_{43}$	1480,57	1,75	Tidak Signifikan

TABEL 5 merupakan tabel pengujian estimasi parameter secara individu. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa terdapat beberapa parameter yang tidak signifikan. Apabila $|t_{hit}| > t_{0,025;34-2-1=31} = 2.03951$ maka variabel prediktor memberikan pengaruh terhadap model, dari 13 parameter terdapat empat parameter yang signifikan terhadap model yang diduga mempengaruhi PDRB.

Pengujian Asumsi Error

Dalam pengujian asumsi error harus memenuhi syarat identik, independen, dan berdistribusi normal (IIDN) hal ini dilakukan untuk identifikasi apakah *error* sudah memenuhi IIDN. Berikut adalah hasil pengujian asumsi *error*.

Uji Identik

Asumsi *error* identik digunakan untuk mengetahui apakah varians dari *error* identik atau tidak, dapat dilakukan dengan uji *Glejser*. Hipotesis untuk uji *Glejser*:

H_0 : *error* identik

H_1 : *error* tidak identik

Berikut adalah hasil uji *Glejser*, pada TABEL 6.

TABEL 6. ANOVA dari Uji *Glejser*

Sumber Variansi	df	SS	MS	Fhit	pvalue
Regresi	12	16050052026	1337504335		
Error	21	34532396661	1644399841	0,8133693	0,635501
Total	33	50582448687	-		

Berdasarkan ANOVA pada TABEL 6, menunjukkan nilai MSR dan MSE masing-masing sebesar 1337504335 dan 1644399841. Nilai perbandingan antara MSR dan MSE menghasilkan nilai statistik uji F sebesar 0,8133693. *P-value* dari uji *Glejser* sebesar 0,635501 dibandingkan dengan nilai α (0,05) didapatkan keputusan gagal tolak H_0 karena *p-value* > α . Berdasarkan uji *Glejser* didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat kasus heteroskedastisitas sehingga dapat dikatakan bahwa residual telah memenuhi asumsi identik.

Uji Independen

Setelah pengujian asumsi *error* identik, uji asumsi yang harus terpenuhi selanjutnya yaitu *error* bersifat independen. Asumsi *error* independen terpenuhi bila tidak terdapat korelasi antar *error* atau adanya independensi pada *error*. Salah satu cara mendeteksi adanya independensi pada *error* yaitu dengan dengan perhitungan nilai *durbin Watson* dengan nilai $d_{hitung} = 1,37$. Jika nilai d_{hitung} terletak di antara batas atas (d_U) dan batas bawah (d_L), maka hasilnya tidak dapat disimpulkan.

Uji Distribusi Normal

Terakhir yaitu pengujian asumsi *error* berdistribusi normal dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Berdasarkan Tabel *Kolmogorov-Smirnov* didapatkan nilai $D_{0,05;34}$ sebesar 0,22. Sementara itu statistik uji $D = \sup_x |F_n(x) - F_0(x)|$ yaitu sebesar 0,64. Keputusan yang diperoleh yaitu tolak H_0 karena $D > D_{0,05;34}$. Berdasarkan keputusan tersebut dapat disimpulkan bahwa asumsi *error* berdistribusi normal tidak terpenuhi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa model regresi nonparametrik spline terbaik terletak di tiga titik knot dengan nilai GCV sebesar 5199284230 dan menghasilkan R^2 sebesar 98,61%. Sedangkan, variabel yang berpengaruh signifikan terhadap model yaitu variabel Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (x_1), Realisasi Investasi Penanaman Modal Asing (x_2), dan Realisasi Investasi Penanaman Dalam Negeri (x_3).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik, serta kami ucapkan terima kasih juga kepada Kemdikbudristek yang telah mendanai penelitian ini melalui dana hibah penelitian dosen pemula.

REFERENSI

- BPS, (Badan Pusat Statistik), 2021. *Produk Domestik Regional Bruto Provinsi-Provinsi di Indonesia Menurut Pengeluaran 2016-2020*. Jakarta: BPS.
- Budiantara, I. N. et al., 2015. "Comparison Truncated Spline and Fourier Series in Multivariable Nonparametric Regression Models (Application: Data of Poverty in Papua, Indonesia)". *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*, pp. 9-12.
- Eubank, R. L., 1988. *Spline smoothing and nonparametric regression*. s.l.:s.n.
- Eubank, R. L., 1999. *Nonparametric regression and spline smoothing*. s.l.:CRC press.
- Hasnatul, H., 2018. *Pemodelan Pertumbuhan Ekonomi Di Jawa Tengah Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated*. Skripsi, Universitas Muhamadiyah Semarang.
- Howell, J. R., 2007. *Analysis using smoothing splines as implemented in LME () In R*. s.l.:Brigham Young University.
- Khanela, P., 2017. *Pemodelan PDRB di Indonesia Menggunakan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline*. Tugas Akhir: Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Lee, T. C., 2004. Improved smoothing spline regression by combining estimates of different smoothness. *Statistics & Probability Letters*, 67(2), pp. 133-140.
- Matdoan, M. Y., Balami, A. M. & Talakua, M. W., 2019. Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline Truncated Pada Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi Di Provinsi Maluku. *VARIANCE: Journal of Statistics and Its Applications*, 1(1), pp. 27-37.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A. & Vining, G. G., 2021. *Introduction to Linear Regression Analysis*. s.l.:John Wiley & Sons.
- Purnowati, S. H. T. O., 2018. *Pemodelan Produk Domestik Regional Bruto (Pdrb) Indonesia dengan Regresi Nonparametrik B-Spline*. s.l.:s.n.