

Penerapan Analisis Regresi Nonparametrik Spline Truncated Pada Pemodelan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Pengangguran Terbuka Di Provinsi Jawa Barat

Zulkifli Rais, Ruliana, Mukhtazam Aqil Mukhtar

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

Keywords: The Unemployment Rate, GCV, Nonparametric Spline Regression, Knot Points

Abstract:

Unemployed is someone who has entered the workforce, but does not have a job and is looking for work, setting up a business, and who already has a job but has not yet started working. One indicator that can be used to measure unemployment is The Unemployment Rate. West Java Province is the province in first place with the highest unemployment rate in Indonesia. Based on BPS data, the unemployment rate in West Java Province in 2022 reaches 8.31%. The method that can be used to model factors that are thought to influence the unemployment rate in West Java Province in 2022 is nonparametric spline regression. The nonparametric spline regression method was used in this research because this method is very good at modeling data that has changing patterns at certain intervals. The aim of this research is to get the best model of the factors that influence the unemployment rate and find out what factors significantly influence the unemployment rate in West Java Province in 2022. Based on parameter significance testing, it was found that all the variables used, namely Labor Force Participation Rate, Percentage of Poor Population, District/City Minimum Wage, Government Expenditures, and Average Years of Schooling had a significant effect on TPT in West Java Province in 2022. The value of the determination coefficient obtained was 99.5%.

1. Pendahuluan

Analisis regresi merupakan salah satu teknik analisis data dalam ilmu statistika yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara dua variabel atau lebih, sehingga suatu variabel dapat ditaksirkan dengan variabel yang lain. Terdapat tiga pendekatan yang dapat digunakan untuk mengestimasi pola kurva regresi, yakni pendekatan regresi parametrik, regresi nonparametrik, dan regresi semiparametrik (Ente dkk, 2021). Pendekatan regresi parametrik yakni pendekatan yang mengasumsikan bahwa bentuk pola kurva regresi sudah diketahui. Apabila tidak terdapat informasi apapun mengenai pola kurva regresi, maka pendekatan yang dapat digunakan yakni regresi nonparametrik. Sementara itu, apabila Sebagian bentuk pola kurva regresinya diketahui dan sebagiannya lagi tidak diketahui, maka pendekatan yang dapat digunakan yakni regresi semiparametrik (Bidayani dkk, 2019).

* Corresponding author.

E-mail address: zulkifli.rais89@unm.ac.id



Pada umumnya, sebelum melakukan pemodelan menggunakan salah satu pendekatan dalam analisis regresi, didahului dengan melihat *scatter plot* antara variabel respon dan prediktor yang digunakan. Apabila *scatter plot* menunjukkan kecenderungan data mengikuti pola linear, kuadratik, kubik, atau pola tertentu lainnya, maka yang digunakan adalah regresi parametrik. Namun, apabila *scatter plot* tersebut tidak menunjukkan kecenderungan data mengikuti pola tertentu, maka yang digunakan adalah regresi nonparametrik (Wang & Yang, 2009). Pada pendekatan regresi nonparametrik, data diharapkan dapat mencari sendiri bentuk pola dari estimasinya. Salah satu metode dalam regresi nonparametrik yang dapat digunakan untuk mengatasi pola data yang tidak diketahui yakni regresi nonparametrik *spline truncated*. Regresi nonparametrik *spline truncated* merupakan metode yang memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menangani data yang pola perilakunya berubah-ubah pada interval tertentu (Dani dkk, 2021).

Metode regresi nonparametrik *spline truncated* dapat digunakan pada berbagai permasalahan yang ada di lingkungan sekitar. Salah satu masalah utama yang dihadapi bangsa dan negara Indonesia saat ini adalah masalah pengangguran. Pengangguran merupakan salah satu indikator penting di bidang ketenagakerjaan, yang dapat mengukur sejauh mana angkatan kerja terserap oleh lapangan kerja yang ada. Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengukur pengangguran adalah Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT). Besarnya nilai TPT menunjukkan besarnya penduduk usia kerja yang termasuk dalam pengangguran (Mahroji & Nurkhasanah, 2019). Provinsi Jawa Barat merupakan provinsi yang menduduki peringkat pertama dengan angka TPT tertinggi di Indonesia. Berdasarkan data BPS, angka TPT di Provinsi Jawa Barat tahun 2022 mencapai 8,31% (BPS, 2022).

Apabila melihat dari beberapa tahun sebelumnya, angka TPT pada Provinsi Jawa Barat mengalami fluktuatif. Meskipun jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya, angka TPT Provinsi Jawa Barat mengalami penurunan, akan tetapi angka TPT ini masih terbilang cukup tinggi karena masih berada di atas standar pengangguran nasional. Hal ini menandakan bahwa penanganan TPT pada Provinsi Jawa Barat belum maksimal. Tingginya angka TPT ini juga disebabkan oleh beberapa faktor yang diduga mempengaruhinya, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hal tersebut.

Penelitian mengenai faktor yang mempengaruhi TPT telah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya. Pertama yakni penelitian oleh Khofifah (2021) dengan hasil penelitiannya yang menunjukkan bahwa rasio ketergantungan, Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK), Tingkat Pendidikan, dan Jumlah Penduduk Miskin berpengaruh signifikan terhadap TPT Provinsi Jawa Barat tahun 2019 (Khofifah, 2021). Selanjutnya penelitian oleh Kusumaningrum dkk (2022) dengan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa upah rata-rata per jam pekerja dan angka partisipasi kasar SMA berpengaruh signifikan terhadap pengangguran terbuka Pulau Kalimantan tahun 2015 hingga 2020 (Kusumaningrum dkk, 2022).

Terkait dengan penerapan metode regresi nonparametrik *spline truncated* untuk memodelkan TPT juga telah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya. Salah satunya yakni penelitian oleh Muhgni dkk (2020) dengan hasil penelitiannya yang menunjukkan bahwa regresi nonparametrik *spline truncated* dengan baik mampu mengestimasi data yang tidak memiliki pola tertentu. Adapun faktor yang signifikan mempengaruhi TPT pada penelitian ini yakni Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) dan pertumbuhan ekonomi (Muhgni dkk, 2020). Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini akan membahas tentang Penerapan Analisis Regresi

Nonparametrik Spline Truncated pada Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Pengangguran Terbuka di Provinsi Jawa Barat.

1. Tinjauan Pustaka

1.1 Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan suatu metode analisis dalam ilmu statistika yang digunakan untuk menduga hubungan antara satu variabel atau lebih (Setyowati dkk, 2020). Misalnya diberikan kumpulan data $\{(X_i, Y_i)\}$, dengan $i = 1, 2, \dots, n$, secara umum hubungan antara Y dan X dapat dituliskan dengan persamaan umum analisis regresi sebagai berikut (Wisisono dkk, 2018).

$$y_i = m(x_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

di mana:

y_i = variabel respon pengamatan ke- i

x_i = variabel prediktor pengamatan ke- i

$m(x_i)$ = fungsi regresi yang akan diduga

ε_i = error acak \sim IIDN $(0, \sigma^2)$

Secara umum, analisis regresi memiliki tujuan untuk menentukan variabel prediktor apa saja yang secara signifikan mempengaruhi variabel respon (Suyono, 2018). Penduga fungsi regresi dapat dilakukan dengan tiga pendekatan, di antaranya regresi parametrik, regresi nonparametrik, dan regresi semiparametrik (Setyowati dkk, 2020). Apabila kurva regresi membentuk suatu pola tertentu, maka pendekatan yang digunakan yakni regresi parametrik, sedangkan pendekatan regresi nonparametrik digunakan apabila kurva regresi tidak membentuk pola tertentu. Pendekatan regresi semiparametrik digunakan apabila pada suatu model terdapat komponen parametrik dan nonparametrik (Budiantara, 2001).

1.2 Regresi Nonparametrik

Regresi nonparametrik merupakan salah satu pendekatan regresi yang digunakan untuk mengetahui hubungan yang terbentuk antara variabel respon dengan variabel prediktor yang tidak diketahui bentuk kurva regresinya. Regresi nonparametrik secara umum memiliki model sebagai berikut (Pramesti dkk, 2019).

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

dengan:

y_i = variabel respon pengamatan ke- i

x_i = variabel prediktor pengamatan komponen nonparametrik ke- i

$f(x_i)$ = fungsi regresi yang tidak diketahui

ε_i = error acak \sim IIDN $(0, \sigma^2)$

2.3 Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*

Spline merupakan potongan polinomial yang memiliki sifat tersegmen atau terpotong (*piecewise polynomial*). Sifat ini yang membuat spline memiliki fleksibilitas yang tinggi dibandingkan polinomial pada umumnya dan memiliki kemampuan untuk mengatasi pola data yang berubah-ubah pada sub interval tertentu (Rahmadina dkk, 2020).

Secara umum, fungsi $f(x_{li})$ merupakan fungsi spline berorde p dengan K_1, K_2, \dots, K_r titik knot sebagaimana dikutip dari (Rahmadina dkk, 2020) dapat dituliskan menjadi persamaan sebagai berikut.

$$f(x_{li}) = \sum_{j=1}^p \beta_{lj} x_{li}^j + \sum_{k=1}^r \beta_{l(p+k)} (x_{li} - K_{lk})_+^p \quad (3)$$

sehingga diperoleh persamaan model regresi nonparametrik *spline truncated* sebagai berikut.

$$y_i = \beta_0 + \sum_{l=1}^q \sum_{j=1}^p \beta_{lj} x_{li}^j + \sum_{l=1}^q \sum_{k=1}^r \beta_{l(p+k)} (x_{li} - K_{lk})_+^p + \varepsilon_i \quad (4)$$

dengan fungsi *truncated* $(x_{li} - K_{lk})_+^p$ yang menghasilkan persamaan berikut.

$$(x_{li} - K_{lk})_+^p = \begin{cases} (x_{li} - K_{lk})^p, & x_{li} \geq K_{lk} \\ 0, & x_{li} < K_{lk} \end{cases} \quad (5)$$

di mana:

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

β_0 = konstanta

β_{lj} = parameter model polinomial, $j = 1, 2, \dots, p$; $l = 1, 2, \dots, q$

p = orde atau derajat polinomial

q = banyaknya variabel prediktor

x_{li} = variabel prediktor l ke- i , $i = 1, 2, \dots, n$

$\beta_{l(p+k)}$ = parameter pada komponen *truncated*, $k = 1, 2, \dots, r$

r = banyaknya titik knot

K_{lk} = titik-titik knot

ε_i = *error* acak \sim IIDN $(0, \sigma^2)$

2.4 Estimasi Parameter Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*

Parameter pada model regresi nonparametrik *spline* dapat diestimasi dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS), atau yang biasa disebut dengan Metode Kuadrat Terkecil (MKT) (Wardani & Ratna, 2022). Metode ini mengestimasi parameter dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat residual. Persamaan residual dapat ditulis menjadi persamaan berikut.

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \quad (6)$$

Dalam bentuk matriks, jumlah kuadrat residual dapat dituliskan menjadi persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 &= \boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon} \\ &= (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})'(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}) \\ &= \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - \mathbf{Y}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} + \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \\ &= \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - 2\boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} + \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \end{aligned} \quad (7)$$

untuk meminimumkan jumlah kuadrat residual, maka turunan parsial pertama persamaannya terhadap $\boldsymbol{\beta}$ harus sama dengan nol.

$$\frac{\partial(\boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon})}{\partial\boldsymbol{\beta}} = 0 \quad (8)$$

Berdasarkan turunan parsial pertama dari persamaan (8), maka didapatkan nilai β yang diberikan pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned} -2\mathbf{X}'\mathbf{Y} + 2\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\beta} &= \mathbf{0} \\ \mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\beta} &= \mathbf{X}'\mathbf{Y} \\ (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}(\mathbf{X}'\mathbf{X})\hat{\beta} &= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} \\ \hat{\beta} &= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} \end{aligned} \quad (9)$$

Maka, estimasi model regresi nonparametrik spline dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\hat{y} = \mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} \quad (10)$$

2.5 Pemilihan Titik Knot Optimal

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan titik knot optimal adalah *Generalized Cross Validation* (GCV) (Maziyah dkk, 2019).. Model regresi spline terbaik didapatkan dari titik knot optimal dengan melihat nilai GCV yang terkecil. Metode GCV dapat dituliskan sebagai berikut (Bidari & Budiantara, 2020).

$$GCV(K_{11}, K_{12}, \dots, K_{lk}) = \frac{MSE(K_{11}, K_{12}, \dots, K_{lk})}{[n^{-1}trace(\mathbf{I} - \mathbf{A})]^2} \quad (11)$$

dengan:

K_{lk} = titik-titik knot

$$MSE(K_{11}, K_{12}, \dots, K_{lk}) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$\hat{y} = \mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} = \mathbf{A}\mathbf{Y}$$

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

n = jumlah pengamatan

\mathbf{I} = matriks identitas

2.6 Pengujian Parameter Model Regresi

2.6.1 Pengujian Parameter Secara Serentak (Simultan)

Uji serentak adalah uji signifikansi model secara keseluruhan atau bersamaan untuk mengetahui apakah semua variabel prediktor yang digunakan memberikan pengaruh terhadap variabel respon atau tidak. Pengujian parameter model secara serentak dapat disajikan dalam bentuk tabel *Analysis of Variance* (ANOVA) yang diberikan sebagai berikut (Sitanggang dkk, 2018).

Tabel 1 *Analysis of Variance* Uji Serentak

Sumber Variasi	df	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F_{hitung}
Regresi	$q(1+r)$	$\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$	$\frac{SS_{regresi}}{df_{regresi}}$	
Error	$n - q(1+r) - 1$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$	$\frac{SS_{error}}{df_{error}}$	$\frac{MS_{regresi}}{MS_{error}}$
Total	$n - 1$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$		

Nilai $q(1+r)$ pada Tabel 1 menunjukkan banyaknya parameter pada model regresi nonparametrik spline truncated yang dihasilkan selain parameter β_0 . Adapun perumusan hipotesis uji serentak adalah sebagai berikut (Wardani & Ratna, 2022).

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{q(1+r)} = 0$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_{l(1+k)} \neq 0, l(1+k) = 1, 2, \dots, q(1+r)$$

Tolak H_0 apabila $F_{hitung} > F_{\alpha; (q(1+r), n-(q(1+r))-1)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$ (0,05), sehingga menghasilkan kesimpulan bahwa minimal terdapat satu variabel prediktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon (Gujarati, 2004).

2.6.2 Pengujian Parameter Secara Individu (Parsial)

Uji parsial merupakan pengujian parameter model secara individu untuk memeriksa signifikansi masing-masing variabel prediktor. Tujuannya yakni untuk mengetahui apakah variabel tersebut memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon secara individu atau tidak. Berikut merupakan hipotesis pada uji parsial (Wardani & Ratna, 2022).

$$H_0 : \beta_{l(1+k)} = 0$$

$$H_1 : \beta_{l(1+k)} \neq 0, l(1+k) = 1, 2, \dots, q(1+r)$$

2.7 Pengujian Asumsi Residual

2.7.1 Pengujian Asumsi Residual Identik

Pengujian asumsi residual identik bertujuan untuk mengetahui homogenitas variansi residual (Rahmadina dkk, 2020). Jika asumsi identik tidak terpenuhi, artinya terdapat heteroskedastisitas yang bisa merugikan efisiensi estimator (Eubank, 1999). Pengujian asumsi residual identik dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Glejser*. Adapun hipotesisnya adalah sebagai berikut (Setyowati dkk, 2020).

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = 0$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \sigma_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, n$$

Adapun uji statistik yang digunakan adalah sebagai berikut (Setyowati dkk, 2020).

$$F_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^n (|\hat{\varepsilon}_i| - |\bar{\varepsilon}|)^2 / v}{\sum_{i=1}^n (|\varepsilon_i| - |\hat{\varepsilon}_i|)^2 / (n - v - 1)} \quad (12)$$

di mana nilai v menunjukkan banyaknya parameter model *Glejser*, dan untuk model regresi nonparametrik *spline truncated* nilai $v = q(1+r)$. Tolak H_0 apabila $F_{hitung} > F_{\alpha; (v, n-v-1)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$ (0,05), yang menghasilkan kesimpulan bahwa tidak memperlihatkan kasus homoskedastisitas.

2.7.2 Pengujian Asumsi Berdistribusi Normal

Pengujian asumsi residual berdistribusi normal dilakukan untuk mengetahui apakah residual mengikuti distribusi normal atau tidak (Tetraoik dkk, 2023). Pengujian asumsi residual berdistribusi normal dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Shapiro-Wilk*, karena uji ini memiliki tingkat konsistensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji lain (Sintia dkk, 2022). Adapun perumusan hipotesis uji *Shapiro-Wilk* adalah sebagai berikut (Ahadi & Zain, 2023).

$$H_0 : \text{residual mengikuti distribusi normal}$$

$$H_1 : \text{residual tidak mengikuti distribusi normal}$$

Keputusan yang diambil adalah tolak H_0 apabila $p\text{-value} < \alpha$ (0,05).

2.8 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R^2) merupakan salah satu pengukuran statistik yang digunakan untuk mengukur kelayakan atau kesesuaian (*Goodness of Fit*) pada suatu model regresi. Nilai dari R^2 adalah $0 \leq R^2 \leq 1$. Semakin tinggi nilai R^2 yang dihasilkan dalam suatu model, maka semakin baik pula variabel-variabel prediktor pada model tersebut dalam menjelaskan variabilitas variabel respon. Berikut ini merupakan rumus untuk mendapatkan nilai R^2 (Bidari & Budiantara, 2020).

$$R^2 = \frac{SS_{Regresi}}{SS_{Total}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (13)$$

2.9 Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)

Pengangguran terjadi karena terdapat ketidakseimbangan pada pasar tenaga kerja. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), indikator yang dapat digunakan untuk mengukur pengangguran adalah Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) (BPS, 2023a). TPT merupakan persentase jumlah pengangguran terhadap jumlah angkatan kerja. Semakin tinggi TPT pada suatu daerah, maka akan berdampak pada menurunnya tingkat pendapatan masyarakat, sehingga pemenuhan kebutuhan mereka akan terbatas (Ferayanti dkk, 2023).

2.10 Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)

Secara umum, indikator TPAK bertujuan untuk mengindikasikan besarnya penduduk usia kerja (15 tahun ke atas) yang aktif secara ekonomi di suatu negara atau wilayah, dan menunjukkan besaran relatif pasokan tenaga kerja (*labour supply*) yang tersedia, serta memiliki potensi untuk menghasilkan suatu barang dan jasa dalam suatu perekonomian (BPS, 2023a). TPAK termasuk dalam indikator ekonomi yang dapat mempengaruhi TPT. TPAK diukur sebagai persentase jumlah angkatan kerja terhadap jumlah penduduk usia kerja (Silvie & Hasmarini, 2023).

2.11 Kemiskinan

Dalam mengukur kemiskinan, BPS menggunakan konsep kemampuan memenuhi kebutuhan dasar (*basic needs approach*). Konsep ini merujuk pada *Handbook on Poverty and Inequality* yang diterbitkan oleh *Worldbank*. Melalui konsep ini, kemiskinan dimaknai sebagai ketidakmampuan dari sisi ekonomi untuk memenuhi kebutuhan dasar makanan dan bukan makanan yang dilihat dari sisi pengeluaran (BPS, 2023b).

2.12 Upah Minimum

Kebijakan mengenai upah minimum di Indonesia telah tertuang salah satunya dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor PER-01/MEN/1999. Dalam peraturan tersebut, upah minimum merupakan upah bulanan terendah yang terdiri dari upah pokok termasuk tunjangan tetap. Adapun tunjangan tetap yang dimaksud adalah suatu jumlah imbalan yang diterima pekerja secara tetap dan teratur pembayarannya, yang dikaitkan dengan kehadiran ataupun pencapaian prestasi tertentu (Sitompul dkk, 2023).

2.13 Pengeluaran Pemerintah

Pengeluaran pemerintah yang merupakan bagian dari kebijakan fiskal, yaitu suatu tindakan pemerintah untuk mengatur jalannya perekonomian dengan cara menentukan besarnya penerimaan dan pengeluaran pemerintah setiap tahunnya, yang dapat dilihat pada dokumen Anggaran Pendapatan Belanja Negara (APBN) untuk nasional, dan Anggaran Pendapatan Belanja Daerah (APBD) untuk daerah (Koilam dkk, 2023).

2.14 Rata-Rata Lama Sekolah

Pentingnya pendidikan formal, menunjukkan bahwa semakin lama Masyarakat menempuh dan lulus tamatan pendidikan formal (lama sekolah), maka akan semakin tinggi

kemampuan dan kesempatan Masyarakat tersebut untuk bekerja, sehingga dapat menurunkan tingkat pengangguran (Johar dkk, 2023). Rata-rata lama sekolah (RLS) merupakan rata-rata jumlah tahun yang telah diselesaikan oleh penduduk pada seluruh jenjang pendidikan formal yang pernah dijalani, yang perhitungannya dilakukan pada penduduk dengan usia 15 tahun ke atas. RLS mengindikasikan bahwa semakin tinggi pendidikan formal yang telah dicapai oleh masyarakat suatu daerah, maka akan semakin menunjukkan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) masyarakat tersebut (Manurung & Hutabarat, 2021).

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Penelitian dengan pendekatan kuantitatif adalah penelitian yang sistematis dengan cara mengumpulkan data yang dapat diukur dengan teknik statistik, matematika, dan/atau komputasi (Priadana & Sunarsi, 2021).

2.2 Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder, yang merupakan data yang dikumpulkan dan diperoleh dari sumber data yang sudah ada. Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Barat dan Kementerian Tenaga Kerja (Kemnaker) dengan level Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat tahun 2022.

2.3 Definisi Operasional Peubah

Tabel 2. Variabel Terikat dan Variabel Bebas

Variabel	Keterangan	Definisi Variabel	Skala
Y	Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)	Persentase jumlah pengangguran terhadap jumlah angkatan kerja	Rasio
X1	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)	Persentase jumlah angkatan kerja terhadap jumlah penduduk usia kerja	Rasio
X2	Persentase Penduduk Miskin	Persentase penduduk yang berada di bawah Garis Kemiskinan	Rasio
X3	Upah Minimum Kab/Kota	Upah terendah yang dibayarkan kepada karyawan	Nominal
X4	Pengeluaran	Berbagai pengeluaran pemerintah	Nominal

	Pemerintah	termasuk belanja pada berbagai bidang	
X5	Rata-Rata Lama Sekolah (RLS)	Jumlah tahun belajar penduduk usia 15 tahun ke atas yang telah diselesaikan dalam pendidikan formal	Nominal

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah data sekunder, yaitu Data Indeks Kedalaman Kemiskinan (Y), dan Tingkat Pengangguran Terbuka (X) yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik Provinsi Papua.

2.5 Prosedur Penelitian

1. Mempersiapkan data
2. Melakukan pemodelan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) Provinsi Jawa Barat menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated*.
3. Melakukan interpretasi model.
4. Menyelesaikan laporan penelitian.

2.6 Teknik Analisis Data

1. Mempersiapkan data.
2. Mendeskripsikan karakteristik dari data Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya.
3. Melakukan standarisasi data pada seluruh variabel karena tidak memiliki satuan yang sama.
4. Membuat *scatter plot* antara TPT dengan masing-masing variabel yang diduga mempengaruhinya.
5. Melakukan pemodelan data TPT Provinsi Jawa Barat Tahun 2022 dengan menggunakan pendekatan regresi nonparametrik *spline truncated* dengan satu, dua, dan tiga titik knot.
6. Memilih titik knot optimal berdasarkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) yang paling minimum.
7. Membuat model regresi nonparametrik *spline truncated* dengan titik knot optimal.
8. Melakukan pengujian signifikansi parameter yang dilakukan melalui dua tahapan, yakni pengujian secara serentak (simultan) dan individu (parsial).
9. Melakukan pengujian asumsi residual identik, independen, dan berdistribusi normal (IIDN) dari model regresi nonparametrik *spline truncated* yang telah terbentuk.
10. Membuat interpretasi model dan menarik kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

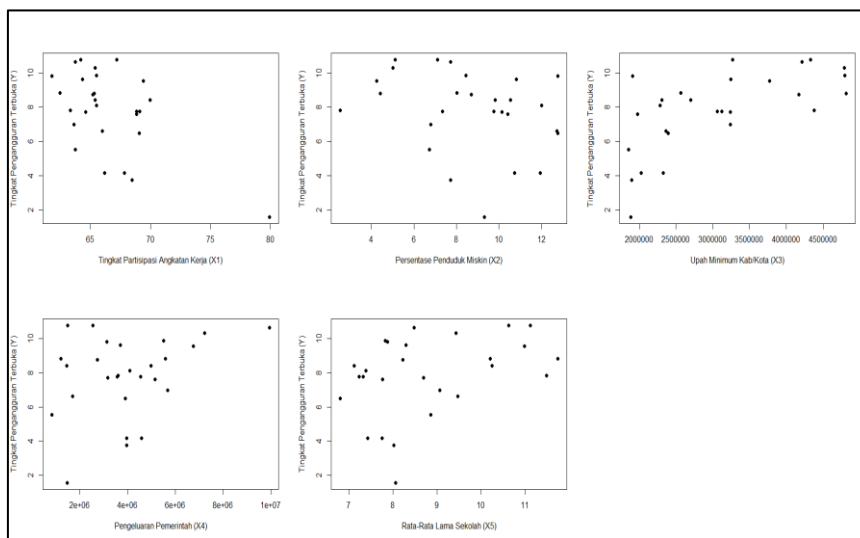
3.1 Analisis Deskriptif

Berikut merupakan hasil analisis deskriptif data yang disajikan dalam Tabel 3 sebagai berikut.

Variabel	Minimum	Maksimum	<i>Mean</i>	Median	Standar Deviasi
Tingkat Pengangguran Terbuka (Y)	1,56	10,78	7,80	8,11	2,33
Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (X1)	61,80	79,92	66,49	65,51	3,52
Persentase Penduduk Miskin (X2)	2,53	12,77	8,65	8,70	2,82
Upah Minimum Kab/Kota (X3)	1.852.100	4.816.921	3.072.179	3.064.218	1.009.197
Pengeluaran Pemerintah (X4)	821.930	9.953.590	3.943.647	3.900.480	2.075.022
Rata-Rata Lama Sekolah (X5)	6,80	11,74	8,80	8,29	1,45

3.2 Spesifikasi Model

Langkah pertama yang dilakukan dalam melakukan analisis regresi adalah membuat *scatter plot* yang bertujuan untuk mengetahui pola hubungan variabel prediktor terhadap variabel respon, yang mana pada penelitian ini adalah tingkat pengangguran terbuka. Berikut merupakan *scatter plot* antara faktor-faktor yang diduga mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka di Provinsi Jawa Barat.



Gambar 1. Pola Hubungan Variabel Tingkat Pengangguran Terbuka (Y) dengan Masing-Masing Variabel Prediktor

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa tidak ada pola tertentu antara tingkat pengangguran terbuka dengan seluruh variabel prediktor, sehingga metode yang digunakan adalah regresi nonparametrik spline.

3.3 Standarisasi Data

Standarisasi data perlu dilakukan terlebih dahulu apabila data yang akan diteliti memiliki satuan yang berbeda. Standarisasi data dilakukan sebelum proses analisis pada data penelitian. Berikut merupakan hasil dari standarisasi data disajikan dalam Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Standarisasi Data Penelitian

No.	ZY	ZX1	ZX2	ZX3	ZX4	ZX5
1.	1,21	-0,77	-0,32	1,13	2,89	-0,21
2.	-0,01	0,74	-0,46	0,05	0,29	-1,06
3.	0,26	0,98	0,67	-0,36	0,50	-1,15
.
.
27.	-0,97	-0,77	-0,68	-1,20	-1,50	0,04

3.4 Pemilihan Titik Knot Optimum

3.4.1 Pemilihan Titik Knot Optimum dengan Satu Titik Knot

Estimasi model regresi nonparametrik spline dengan satu knot pada tingkat pengangguran terbuka di Provinsi Jawa Barat adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1x_1 + \hat{\beta}_2(x_1 - k_1) + \hat{\beta}_3x_2 + \hat{\beta}_4(x_2 - k_2) + \hat{\beta}_5x_3 + \hat{\beta}_6(x_3 - k_3) + \hat{\beta}_7x_4 + \hat{\beta}_8(x_4 - k_4) + \hat{\beta}_9x_5 + \hat{\beta}_{10}(x_5 - k_5)$$

Berikut ditampilkan Tabel 5 yang merupakan sepuluh nilai GCV yang berada di sekitar nilai GCV paling minimum untuk model regresi nonparametrik spline dengan satu titik knot.

Tabel 5. Nilai GCV dengan Satu Titik Knot

X1	X2	X3	X4	X5	GCV
-1,223	-2,092	-1,147	-1,412	-1,296	1,106
-1,116	-2,017	-1,086	-1,321	-1,225	1,110
-1,009	-1,941	-1,025	-1,229	-1,155	1,345

3.4.2 Pemilihan Titik Knot Optimum dengan Dua Titik Knot

Setelah dilakukan pemilihan titik knot optimum dengan satu titik knot, selanjutnya dilakukan pemilihan titik knot optimum dengan menggunakan dua titik knot pada setiap variabel. Berikut merupakan model regresi nonparametrik spline pada tingkat pengangguran terbuka di Provinsi Jawa Barat dengan dua titik knot.

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1x_1 + \hat{\beta}_2(x_1 - k_1) + \hat{\beta}_3(x_1 - k_2) + \hat{\beta}_4x_2 + \hat{\beta}_5(x_2 - k_3) + \hat{\beta}_6(x_2 - k_4) + \hat{\beta}_7x_3 + \hat{\beta}_8(x_3 - k_5) + \hat{\beta}_9(x_3 - k_6) + \hat{\beta}_{10}x_4 + \hat{\beta}_{11}(x_4 - k_7) + \hat{\beta}_{12}(x_4 - k_8) + \hat{\beta}_{13}x_5 + \hat{\beta}_{14}(x_5 - k_9) + \hat{\beta}_{15}(x_5 - k_{10})$$

Berikut ditampilkan Tabel 6. yang merupakan sepuluh nilai GCV yang berada di sekitar nilai GCV paling minimum untuk model regresi nonparametrik spline dengan dua titik knot.

Tabel 6. Nilai GCV dengan Dua Titik Knot

X1	X2	X3	X4	X5	GCV
----	----	----	----	----	-----

0,274	-1,035	-0,290	-0,129	-0,309	3,171
3,590	1,306	1,606	2,712	1,876	
0,274	-1,035	-0,290	-0,129	-0,309	
3,697	1,381	1,667	2,804	1,947	3,187
0,381	-0,959	-0,229	-0,037	-0,238	1,746
0,488	-0,884	-0,168	0,054	-0,167	
0,381	-0,959	-0,229	-0,037	-0,238	1,753
0,595	-0,808	-0,107	0,145	-0,097	
0,381	-0,959	-0,229	-0,037	-0,238	1,789
0,702	-0,733	-0,046	0,237	-0,026	

3.4.3 Pemilihan Titik Knot Optimum dengan Tiga Titik Knot

Berikut merupakan model regresi nonparametrik spline pada tingkat pengangguran terbuka di Provinsi Jawa Barat dengan tiga titik knot.

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1x_1 + \hat{\beta}_2(x_1 - k_1) + \hat{\beta}_3(x_1 - k_2) + \hat{\beta}_4(x_1 - k_3) + \hat{\beta}_5x_2 + \hat{\beta}_6(x_2 - k_4) + \hat{\beta}_7(x_2 - k_5) + \hat{\beta}_8(x_2 - k_6) + \hat{\beta}_9x_3 + \hat{\beta}_{10}(x_3 - k_7) + \hat{\beta}_{11}(x_3 - k_8) + \hat{\beta}_{12}(x_3 - k_9) + \hat{\beta}_{13}x_4 + \hat{\beta}_{14}(x_4 - k_{10}) + \hat{\beta}_{15}(x_4 - k_{11}) + \hat{\beta}_{16}(x_4 - k_{12}) + \hat{\beta}_{17}x_5 + \hat{\beta}_{18}(x_5 - k_{13}) + \hat{\beta}_{19}(x_5 - k_{14}) + \hat{\beta}_{20}(x_5 - k_{15})$$

Selanjutnya ditampilkan Tabel 7 yang merupakan sepuluh nilai GCV yang berada di sekitar nilai GCV paling minimum untuk model regresi nonparametrik spline dengan tiga titik knot.

Tabel 7. Nilai GCV dengan Tiga Titik Knot

X1	X2	X3	X4	X5	GCV
-0,260	-1,413	-0,596	-0,587	-0,661	7,995
0,488	-0,884	-0,168	0,054	-0,167	
3,590	1,306	1,606	2,712	1,876	
-0,260	-1,413	-0,596	-0,587	-0,661	8,096
0,488	-0,884	-0,168	0,054	-0,167	
3,697	1,381	1,667	2,804	1,947	
-0,260	-1,413	-0,596	-0,587	-0,661	0,426
0,595	-0,808	-0,107	0,145	-0,097	
0,702	-0,733	-0,046	0,237	-0,026	
-0,260	-1,413	-0,596	-0,587	-0,661	7,007
0,595	-0,808	-0,107	0,145	-0,097	
0,809	-0,657	0,015	0,329	0,043	
-0,260	-1,413	-0,596	-0,587	-0,661	11,290
0,595	-0,808	-0,107	0,145	-0,097	
0,916	-0,582	0,076	0,420	0,114	

4.4.4 Pemilihan Model Terbaik

Berdasarkan hasil sebelumnya, telah didapatkan titik knot pada masing-masing variabel dengan menggunakan satu titik knot, dua titik knot, dan tiga titik knot. Selanjutnya

akan dilakukan pemilihan model terbaik berdasarkan nilai GCV yang paling minimum dari nilai-nilai GCV yang telah dihasilkan sebelumnya. Berikut merupakan hasil nilai GCV yang telah didapatkan dari masing-masing penggunaan banyaknya titik knot.

Tabel 8. Perbandingan Nilai GCV

Banyaknya Titik Knot	GCV
Satu Titik Knot	1,106
Dua Titik Knot	1,746
Tiga Titik Knot	0,426

Berdasarkan Tabel 8, maka terlihat bahwa nilai GCV yang paling minimum adalah 0,426 dengan tiga titik knot. Sesuai dengan kriteria pemilihan model terbaik, maka diketahui bahwa model yang terbaik yakni model regresi nonparametrik spline dengan tiga titik knot.

4.5 Pengujian Signifikansi Parameter

4.5.1 Pengujian Signifikansi Parameter secara Simultan

Berikut merupakan hasil dari pengujian signifikansi parameter secara simultan.

Tabel 9. Hasil Pengujian Signifikansi Parameter secara Simultan

Sumber Variasi	df	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F_{hitung}	P -value
Regresi	20	25,873	1,293		
Error	6	0,126	0,021	61,4	0,00002
Total	26	25,999			

Berdasarkan Tabel 9, dapat dilihat bahwa nilai F_{hitung} adalah 61,4. Berdasarkan hasil perbandingannya dengan nilai $F_{\alpha;(q(1+r),n-(q(1+r))-1)}$ yakni sebesar 3,874, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa minimal terdapat satu variabel prediktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon.

4.5.2 Pengujian Signifikansi Parameter secara Parsial

Berikut merupakan hasil dari pengujian signifikansi parameter secara parsial.

Tabel 10. Hasil Pengujian Signifikansi Parameter secara Parsial

Variabel	Parameter	Estimasi	t_{hitung}	P -value	Ket
	β_0	0,765	0,697	0,511	Tidak Signifikan
	β_1	0,197	1,068	0,326	Tidak Signifikan
X1	β_2	-3,497	-7,750	0,0002	Signifikan
	β_3	39,935	13,114	0,00001	Signifikan
	β_4	-37,915	-13,347	0,00001	Signifikan

X2	β_5	0,893	2,732	0,034	Signifikan
	β_6	18,331	8,732	0,00001	Signifikan
X3	β_7	-146,884	-10,240	0,00005	Signifikan
	β_8	127,925	10,291	0,00004	Signifikan
	β_9	-1,221	-3,361	0,015	Signifikan
	β_{10}	8,724	6,247	0,0007	Signifikan
	β_{11}	-50,893	-6,348	0,0007	Signifikan
	β_{12}	43,509	6,255	0,0007	Signifikan
X4	β_{13}	0,093	0,312	0,765	Tidak Signifikan
	β_{14}	1,125	1,865	0,111	Tidak Signifikan
	β_{15}	-16,868	-7,399	0,0003	Signifikan
	β_{16}	16,382	7,941	0,0002	Signifikan
	β_{17}	3,731	10,206	0,00005	Signifikan
	β_{18}	-5,977	-8,497	0,0001	Signifikan
X5	β_{19}	2,983	0,731	0,492	Tidak Signifikan
	β_{20}	0,690	0,187	0,857	Tidak Signifikan

Sesuai dengan perumusan hipotesis yang telah dijelaskan pada BAB II, tolak H_0 apabila $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2};(n-(q(1+r))-1)}$. Berdasarkan Tabel 10, maka dapat dilihat jika seluruh variabel prediktor memiliki parameter yang signifikan terhadap model, karena memiliki nilai $|t_{hitung}|$ yang lebih besar dibandingkan dengan nilai $t_{\frac{\alpha}{2};(n-(q(1+r))-1)}$ yakni sebesar 1,725, sehingga berdasarkan hal tersebut maka H_0 ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh variabel prediktor yang digunakan berpengaruh signifikan terhadap variabel respon.

4.6 Pengujian Asumsi Residual

4.6.1 Pengujian Asumsi Residual Identik

Berikut merupakan hasil dari pengujian asumsi residual identik yang dilakukan dengan menggunakan uji *Glejser*.

Tabel 11. Hasil Pengujian Asumsi Residual Identik

Sumber Variasi	df	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F_{hitung}	P -value
Regresi	20	0,113	0,005		
Error	6	0,012	0,002	2,689	0,111
Total	26	0,126			

Berdasarkan Tabel 11 dapat dilihat bahwa nilai F_{hitung} adalah 2,689. Berdasarkan hasil perbandingannya dengan nilai $F_{\alpha;(v,n-v-1)}$ yakni sebesar 3,874, maka dapat disimpulkan bahwa gagal tolak H_0 . Hal ini menunjukkan bahwa residual memiliki varians yang homogen atau telah memenuhi asumsi residual identik.

4.6.2 Pengujian Asumsi Residual Berdistribusi Normal

Berdasarkan hasil dari pengujian asumsi residual berdistribusi normal dengan menggunakan uji *Shapiro-Wilk*, diperoleh nilai p -value sebesar 0,340. Sesuai dengan perumusan hipotesis yang telah dijelaskan pada BAB II, tolak H_0 apabila p -value $< \alpha$ (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa gagal tolak H_0 . Hal ini menunjukkan bahwa residual dari model regresi nonparametrik spline yang diperoleh telah memenuhi asumsi berdistribusi normal.

4.7 Koefisien Determinasi

Nilai koefisien determinasi (R^2) menunjukkan seberapa besar model regresi dapat menjelaskan variabilitas pada variabel respon.

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{SS_{Regresi}}{SS_{Total}} \times 100\% \\ &= \frac{25,873}{26} \times 100\% \\ &= 99,513\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh nilai R^2 sebesar 99,513%. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi nonparametrik yang diperoleh dapat menjelaskan variabilitas pada data tingkat pengangguran terbuka di Jawa Barat sebesar 99,513%.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

1. Model regresi nonparametrik spline terbaik untuk Tingkat Pengangguran Terbuka di Provinsi Jawa Barat tahun 2022 terdapat pada model dengan tiga titik knot dengan GCV sebesar 0,426 dan koefisien determinasi 99,5%. Berikut merupakan model regresi nonparametrik spline terbaik untuk tingkat pengangguran terbuka Jawa Barat.

$$\begin{aligned} \hat{y} &= 0,765 + 0,197x_1 + (-3,497)(x_1 - (-0,260)) + 39,935(x_1 - 0,595) + \\ &(-37,915)(x_1 - 0,702) + 0,893x_2 + 18,331(x_2 - (-1,413)) + (-146,884)(x_2 - \\ &(-0,808)) + 127,925(x_2 - (-0,733)) + (-1,221)x_3 + 8,724(x_3 - (-0,596)) + \\ &(-50,893)(x_3 - (-0,107)) + 43,509(x_3 - (-0,046)) + 0,093x_4 + 1,125(x_4 - \\ &(-0,587)) + (-16,868)(x_4 - 0,145) + 16,382(x_4 - 0,237) + 3,731x_5 + \\ &(-5,977)(x_5 - (-0,661)) + 2,983(x_5 - (-0,097)) + 0,690(x_5 - (-0,026)) \end{aligned}$$

2. Faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi TPT di Provinsi Jawa Barat tahun 2022 adalah Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (X1), Persentase Penduduk Miskin (X2), Upah Minimum Kabupaten/Kota (X3), Pengeluaran Pemerintah (X4), dan Rata-rata Lama Sekolah (X5).

4.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini, peneliti hanya membatasi penggunaan metodenya yakni hanya pada regresi nonparametrik *spline truncated*, sehingga pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan metode regresi nonparametrik lainnya seperti regresi nonparametrik Kernel, Deret Fourier, *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS), dan metode lainnya.
2. Bagi peneliti selanjutnya yang ingin melakukan penelitian terkait faktor yang mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka dapat menambahkan variabel prediktor lain yang juga diduga berpengaruh. Peneliti selanjutnya juga dapat melakukan pengembangan terkait dengan pemilihan titik knot dengan menambahkan jumlah titik knot, ataupun menggunakan kombinasi titik knot.
3. Bagi Pemerintah Provinsi Jawa Barat dapat menjadikan penelitian ini sebagai wadah untuk kembali mengevaluasi dan lebih mempertimbangkan kebijakan yang harus diterapkan untuk mengurangi laju tingkat pengangguran terbuka, khususnya pada daerah yang memiliki angka yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi, G. D., & Zain, N. N. L. E. (2023). The Simulation Study of Normality Test Using Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, and Shapiro-Wilk. *Eigen Mathematics Journal*, 6(1), 11–19.
- Ardian, R., Syahputra, M., & Dermawan, D. (2022). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi terhadap Tingkat Pengangguran Terbuka di Indonesia. *EBISMEN: Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Manajemen*, 1(3), 190–198.
- Ariesta, D., Gusriani, N., & Parmikanti, K. (2021). Estimasi Parameter Model Regresi Nonparametrik B-Spline pada Angka Kematian Maternal. *Jurnal Matematika UNAND*, 10(3), 342–354. <https://doi.org/10.25077/jmu.10.3.342-354.2021>.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Tingkat Pengangguran Terbuka Menurut Provinsi (Persen), 2021-2022. Dikutip dari <https://www.bps.go.id/indicator/6/543/1/tingkat-pengangguran-terbuka-menurut-provinsi.html>.
- Badan Pusat Statistik. (2023a). Indikator Pasar Tenaga Kerja Indonesia Februari 2023. Dikutip dari <https://www.bps.go.id/publication/2023/06/16/ddcaf3b4a35c8be03f8c7ac5/indikator-pasar-tenaga-kerja-indonesia-februari-2023.html>, Diakses pada tanggal 2 Maret 2023.
- Badan Pusat Statistik. (2023b). Kemiskinan dan Ketimpangan. Dikutip dari <https://www.bps.go.id/subject/23/kemiskinan-dan-ketimpangan.html#subjek> View Tab 1.
- Bidari, D. R., & Budiantara, I. N. (2020). Pemodelan Faktor yang Mempengaruhi Persentase Anak Putus Sekolah di Jawa Timur Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 9(2), 115–122. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v9i2.52589>.
- Bidayani, Hadijati, M., & Fitriyani, N. (2019). Model Regresi Semiparametrik Spline Hasil Produksi Padi di Kabupaten Lombok Timur. *Eigen Mathematics Journal*, 2(1), 6–12. <https://doi.org/10.29303/emj.v1i1.31>.

- Budiantara, I. N. (2001). *Estimasi Parametrik dan Nonparametrik untuk Pendekatan Kurva Regresi*. Surabaya: ITS Press.
- Dani, A. T. R., Adrianingsih, N. Y., Ainurrochmah, A., & Sriningsih, R. (2021). Flexibility of Nonparametric Regression Spline Truncated on Data without a Specific Pattern. *Jurnal Litbang Edusaintech*, 2(1), 37–43. <https://doi.org/10.51402/jle.v2i1.30>.
- Dewi, N. C. S., & Budiantara, I. N. (2018). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Angka Kecelakaan Lalu Lintas di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 7(2), 184–191.
- Eubank, R. L. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing, 2nd ed.* Texas: Department of Statistics Southern Methodist Dallas University.
- Ferayanti, Seftarita, C., Fitriyani, & Varlitya, C. R. (2023). Pengaruh Indeks Pembangunan Manusia dan Tingkat Pengangguran Terbuka terhadap Kemiskinan di 5 Provinsi Termiskin Di Indonesia Tahun 2010-2020. *JPED: Jurnal Perspektif Ekonomi Darussalam*, 7(2), 11–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.24815/jped.v9i1.31549>.
- Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics, 4 th Edition*. New York: McGrahill. Co.
- Hardle, W. (1990). *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johar, M. R., Suharno, & Istiqomah. (2023). Hubungan Rata-rata Lama Sekolah terhadap Tingkat Pengangguran Terbuka: Mediasi Laju Pertumbuhan Ekonomi. *Oikos: Jurnal Kajian Pendidikan Ekonomi dan Ilmu Ekonomi*, 7(1), 153–163.
- Khofifah, H. N. (2021). Robust Spatial Durbin Model (RSDM) untuk Pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) di Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Statistika*, 1(2), 135–142. <https://doi.org/10.29313/jrs.v1i2.522>.
- Koilam, C. T. C., Kalangi, J. B., & Rompas, W. F. I. (2023). Pengaruh Pengeluaran Pemerintah dan Pengeluaran Konsumsi terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kota Manado. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 23(5), 25–36.
- Kusumaningrum, N., Permana, J. N., Khairunnisa, & Nohe, D. andi. (2022). Pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka di Pulau Kalimantan dengan Regresi Data Panel. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya*, 2, 196–210.
- Mahroji, D., & Nurkhasanah, I. (2019). Pengaruh Indeks Pembangunan Manusia terhadap Tingkat Pengangguran di Provinsi Banten. *Jurnal Ekonomi-Qu*, 9(1), 51–72. <https://doi.org/10.35448/jequ.v9i1.5436>.
- Manurung, E. N., & Hutabarat, F. (2021). Pengaruh Angka Harapan Lama Sekolah, Rata-Rata Lama Sekolah, Pengeluaran per Kapita terhadap Indeks Pembangunan Manusia. *JIAM: Jurnal Ilmiah Akuntansi Manajemen*, 4(2), 121–129. <https://doi.org/10.35326/jiam.v4i2.1718>.
- Maziyah, R., Madu, R., & Budiantara, I. N. (2019). Pemodelan ASFR di Indonesia Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(2), 381–388.
- Muhgni, M., Fadly, F., Adnan, A., & Harison. (2020). Pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka

di Pulau Sumatera dengan Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 6(1), 133–144. <https://doi.org/10.24014/jsms.v6i1.9255>.

- Pramesti, R. G., Ratna, M., & Budiantara, I. N. (2019). Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Angka Prevalensi Kusta di Jawa Timur dengan Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(2), 357–364. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.44876>.
- Pratama, N. R. N. S., & Utama, M. S. (2019). Pengaruh Pengeluaran Pemerintah dan Investasi terhadap Pertumbuhan Ekonomi dan Tingkat Kemiskinan di Kabupaten/Kota Provinsi Bali. *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*, 8(7), 651–680.
- Priadana, M. S., & Sunarsi, D. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Tangerang: Pascal Books.
- Rahmadina, R. P., Ratna, M., & Budiantara, I. N. (2020). Pemodelan Faktor yang Memengaruhi Angka Partisipasi Kasar SMA/Sederajat di Papua Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 9(2), 154–161.
- Setyowati, D. W., Rumiati, A. T., & Budiantara, I. N. (2020). Pemodelan Contraceptive Prevalence Rate (CPR) di Provinsi Sulawesi Selatan Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 9(1), 72–78. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v9i1.51045>.
- Sholikha, M., Susilawati, M., & Srinadi, I. G. A. M. (2019). Pemodelan Nilai Kurs terhadap Harga Saham pada Data Longitudinal Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *E-Jurnal Matematika*, 8(4), 259–263. <https://doi.org/10.24843/mtk.2019.v08.i04.p262>.
- Silvie, F. D., & Hasmarini, M. I. (2023). Analisis Pengaruh Upah Minimum Kabupaten, IPM, PDRB, dan Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja. *Economics and Digital Business Review*, 4(1), 374–382. <https://doi.org/https://doi.org/10.37531/ecotal.v4i1.355>.
- Sintia, I., Pasarella, M. D., & Nohe, D. A. (2022). Perbandingan Tingkat Konsistensi Uji Distribusi Normalitas pada Kasus Tingkat Pengangguran di Jawa. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya*, 2(2), 322–333.
- Sitanggung, O. R., Ratna, M., & Budiantara, I. N. (2018). Pemodelan Faktor-Faktor yang Memengaruhi Persentase Peserta Aktif KB Suntik di Jawa Timur Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 7(2), 192–199. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.44876>.
- Sitompul, A. Y., Kumenaung, A. G., & Rorong, I. P. F. R. (2023). Pengaruh PDRB, Upah Minimum, dan Tenaga Kerja terhadap Pengangguran di Kota Manado. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisieni*, 23(6), 133–144.
- Suyono. (2018). *Analisis Regresi untuk Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish.
- Tetrapoik, A. E., Lembang, F. K., Ilwaru, V. Y. I., & Lewaherilla, N. (2023). Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline dan Aplikasinya pada Indeks Kebahagiaan Provinsi di Indonesia. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika*, 7(1), 56–65.
- Wang, J. & Yang, L. (2009). Polynomial Spline Confidence Bands for Regression Curves.

Statistica Sinica, 19(1), 325-342.

- Wardani, P. K., & Ratna, M. (2022). Pemodelan terhadap Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi di Nusa Tenggara Timur Menggunakan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 11(3), 274–281. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v11i3.77735>.
- Wisisono, I. R. N., Nurwahidah, A. I., Andriyana, Y., & Sunengsih, N. (2018). Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier pada Data Debit Air Sungai Citarum. *Jurnal Matematika "MANTIK,"* 4(2), 75–82. <https://doi.org/10.15642/mantik.2018.4.2.75-82>.