

METODE *UNBIASED RISK* DITERAPKAN UNTUK PEMILIHAN OSILASI OPTIMAL DALAM REGRESI NONPARAMETRIK MENGGUNAKAN PENDEKATAN DERET FOURIER

Dhea Adelia Kurnia^{1*}, Darnah Andi Nohe², Andrea Tri Rian Dani³

^{1,2,3} Program Studi Statistika, Universitas Mulawarman

*e-mail : darnah.98@gmail.com

DOI: 10.14710/j.gauss.14.1.139-148

Article Info:

Received: 2024-10-25

Accepted: 2025-06-21

Available Online: 2025-06-25

Keywords:

Fourier Series,

Unbiased Risk,

Open Unemployment Rate.

Abstract: Regression analysis that examines the relationship between response and predictor variables without making assumptions about patterns of known data distribution is known as nonparametric regression. One of the estimators that has attracted the attention of a number of researchers in nonparametric regression is the Fourier series. The nonparametric regression approach with the Fourier series can address data that has a fluctuating distribution of changes that form sine and cosine waves. The purpose of the study is to estimate the nonparametric regression model of the Fourier series using the Unbiased Risk (UBR) method, as well as to find out the factors that affect the open unemployment rate in East Java and West Java in 2022. Selection of optimal oscillations using Unbiased Risk (UBR). The UBR method can determine the optimal smoothing parameters when the variance is known. Based on the results of the study, the best model of nonparametric regression of the Fourier series with UBR is 1 oscillation shown with a minimum UBR of $4,47 \times 10^{-11}$ and R^2 of 64.61%. Two variables the labor force participation rate and the life expectancy rate have a significant impact on the open unemployment rate variable in East Java and West Java, according to the findings of tests of the parameters significance conducted both simultaneously and partially.

1. PENDAHULUAN

Dalam statistika, analisis regresi adalah teknik untuk mensimulasikan keterkaitan antara variabel respon dengan prediktor. Tiga teknik yang paling umum digunakan oleh para peneliti adalah regresi parametrik, regresi nonparametrik, serta regresi semiparametrik. Regresi nonparametrik digunakan ketika kurva regresi tidak diketahui karena, pada kenyataannya data saat ini jarang mengikuti pola tertentu (Poerwanto & Budiantara, 2014). Dalam model regresi nonparametrik, estimator Wavelet, Kernel, Fourier, *Spline*, dan *Multivariate Adaptif Regression Splines* (MARS) adalah sebagian estimator yang sering digunakan (Algifari, 1997). Estimator yang sering menjadi fokus perhatian di kalangan peneliti regresi nonparametrik adalah deret Fourier yang dapat menangani data dengan variasi yang tidak konsisten (fluktuatif) (Nurjanah dkk, 2015). Fungsi cosinus atau sinus yang terdapat pada deret Fourier bisa mendekati pola data yang menunjukkan turun naiknya suatu pola dimana untuk melihatnya itu biasanya menggunakan titik osilasi (Hariksa dkk, 2019).

Pada regresi nonparametrik deret Fourier, pemilihan jumlah osilasi yang optimal sangat penting karena dapat memengaruhi akurasi dan efektivitas model. Osilasi yang tepat membantu dalam menangkap pola yang ada dalam data tanpa *overfitting*, yaitu terjadi ketika model terlalu rumit. Dengan demikian, tidak hanya pola yang sesuai, tetapi juga mampu mengidentifikasi *error* dalam data. Ini biasanya terjadi ketika jumlah osilasi yang digunakan dalam model terlalu banyak, melebihi kapasitas data untuk mendukungnya. Pada penelitian ini akan digunakan metode *Unbiased Risk* (UBR) (Wardani, 2023). Metode UBR

mengharuskan nilai estimasi dari varian kesalahan diketahui untuk pemilihan osilasi yang optimal (Wang, 1998). Metode UBR adalah pendekatan statistik untuk mengevaluasi kinerja estimator/model statistik dengan mempertimbangkan risiko (ketidakpastian atau variasi acak dalam estimasi yang diukur melalui fungsi risiko) dan bias (kesalahan sistematis yang menyebabkan perbedaan antara nilai estimasi dan nilai sebenarnya). Regresi nonparametrik deret Fourier dapat diaplikasikan pada berbagai bidang, diantara lain yaitu pendidikan, ekonomi, kemiskinan, dan lain sebagainya. Pada penelitian ini mengambil kasus yang berkaitan dengan pengangguran.

Pengangguran diartikan sebagai kondisi disaat individu dalam angkatan kerja aktif mencari pekerjaan namun belum mendapatkan pekerjaan (BPS, 2021). Ini merupakan isu yang selalu ada serta sulit diatasi oleh negara manapun, baik yang berkembang maupun maju, tetapi tingkat pengangguran umumnya lebih tinggi di negara-negara yang sedang berkembang (Prahutama, 2013). Dengan populasi yang besar, Indonesia adalah negara berkembang yang memiliki banyak modal tenaga kerja, tetapi tingkat kesempatan penduduk menganggur tinggi. Tingkat pengangguran di Indonesia mencapai puncaknya pada tahun 2020, yaitu sebesar 7,07% atau sekitar 9,77 juta orang, yang muncul akibat dampak pandemi COVID-19, menyebabkan banyaknya karyawan yang di-PHK. Selanjutnya, pada Agustus 2021, tingkat pengangguran terbuka mulai menurun menjadi 6,49% dari total angkatan kerja, yang setara dengan 9,10 juta orang. (Darmawan & Mifrahi, 2022).

Indonesia adalah negara dengan populasi besar, dan pertumbuhan jumlah penduduk dapat berujung pada peningkatan tenaga kerja. Namun, Pengangguran dapat meningkat jika pertumbuhan angkatan kerja tidak sebanding dengan ketersediaan pekerjaan. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2022) menunjukkan bahwa mayoritas pengangguran di Indonesia adalah lulusan SMA atau SMK, dan jumlah pengangguran di kalangan lulusan tersebut terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan studi awal penelitian, peneliti membuat *scatterplot* beberapa faktor yang mempengaruhi TPT, yaitu JPM, IKG RLS, dan TPAK. Dilihat dari *scatterplot* semua faktor memiliki pola data acak sehingga digunakan metode regresi nonparametrik. Pada penelitian ini peneliti menerapkan pendekatan deret Fourier dengan memperoleh banyaknya osilasi optimal menggunakan metode UBR. Masalah dalam penelitian ini dibatasi pada jumlah data yang digunakan sebanyak 325 data dengan sampel 65 kabupaten/kota di Jawa Timur dan Jawa Barat tahun 2022. Tujuan dalam penelitian ini yaitu memperoleh model terbaik dari regresi nonparametrik deret Fourier dengan metode UBR, dan memperoleh faktor-faktor yang berpengaruh terhadap TPT di Jawa Timur dan Jawa Barat dengan model regresi terbaik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

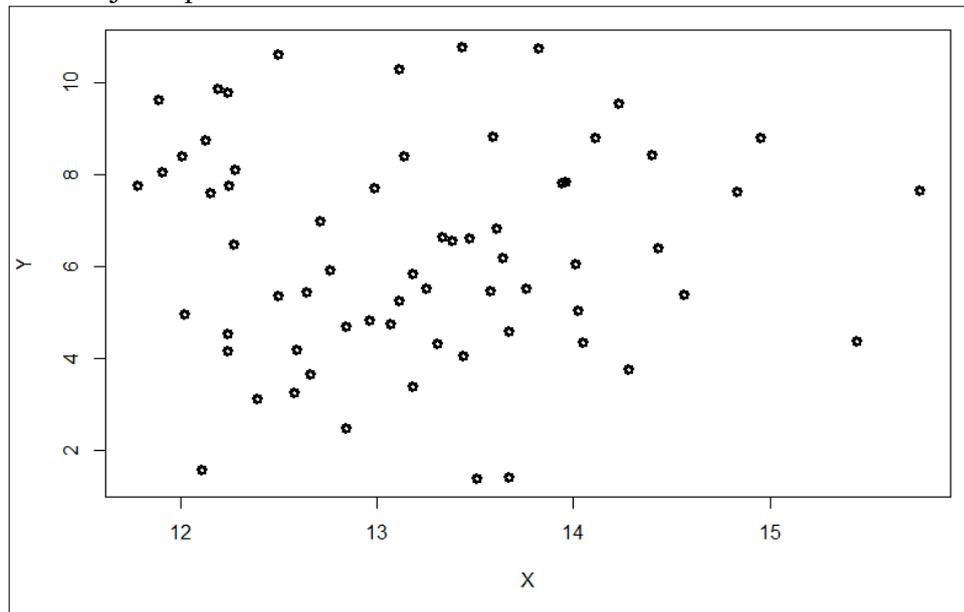
Analisis regresi ialah metode analisis data yang dimana mempertimbangkan hubungan pola data antara satu variabel prediktor atau lebih dengan variabel respon. Pola hubungan dapat divisualkan dengan menggunakan *scatterplot*. Model umum regresi dapat ditulis pada Persamaan (1) (Eubank, 1999):

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

dengan y_i adalah variabel respon untuk data pengamatan ke- i , $f(x_i)$ adalah kurva regresi, x_i adalah variabel prediktor untuk data pengamatan ke- i , ε_i adalah nilai *error* pada pengamatan ke- i , dan n adalah banyaknya amatan.

Apabila terdapat pola yang tidak teridentifikasi antara variabel respon dan variabel prediktor dalam kurva regresi, maka regresi nonparametrik bisa diterapkan. Metode ini fleksibel dalam menggambarkan kurva regresi karena tidak mengambil bentuk pola kurva

regresi yang diketahui (Budiantara, 2011). Ilustrasi dari pola data pendekatan regresi nonparametrik disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi pola hubungan regresi nonparametrik

Berdasarkan Gambar 1, terlihat pola data yang tidak diketahui polanya atau pola acak. Dengan pola data yang demikian, penggunaan regresi parametrik tidak akan memberikan hasil yang akurat.

Deret Fourier yaitu kombinasi fungsi periodik sebagai jumlah dari fungsi sinus dan kosinus yang sangat fleksibel, memungkinkan penyesuaian yang efektif dengan karakteristik lokal data. Pada regresi nonparametrik, estimator deret Fourier terdiri dari komponen prediktor yang bersifat penjumlahan (Suparti dkk, 2018). Estimasi kurva deret Fourier dipengaruhi oleh panjang osilasi (w), semakin besar panjang osilasi, semakin tinggi frekuensi gelombang yang dihasilkan. Pemilihan jumlah parameter osilasi dalam regresi Fourier harus tepat karena jika terlalu banyak menyebabkan masalah statistik, terlalu sedikit menyebabkan bias dan estimasi kurang akurat (Hariksa, Siti, & Manfaati, 2019). Fungsi $f(x_i)$ membentuk pola hubungan yang cenderung berulang, sedemikian sehingga regresi nonparametrik deret Fourier multivariabel ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$y_i = \frac{1}{2}\theta_0 + \sum_{p=1}^l \left(\delta_p(x_{pi}) + \sum_w \theta_{pw} \cos(wx_{pi}) \right) + \varepsilon_i, p = 1, 2, \dots, l, i = 1, 2, \dots, n, w = 1, 2, \dots, W \quad (2)$$

dengan

- y_i : Variabel respon pada pengamatan ke- $i, i = 1, 2, \dots, n$
- x_{pi} : Variabel prediktor ke- p pada pengamatan ke- $i, i = 1, 2, \dots, n$
- θ_0 : Konstanta parameter deret Fourier
- δ_p : Koefisien parameter deret Fourier pada variabel x_p
- θ_{pw} : Koefisien parameter osilasi ke- W pada prediktor ke- p
- $\cos(wx_{pi})$: Komponen kosinus deret Fourier
- ε_i : Error ke- i yang diasumsikan identik, independen dan berdistribusi normal yang dinyatakan dengan $\varepsilon_i \sim IIDN(0, \sigma^2)$

Model regresi pada Persamaan (2) dapat dinyatakan dalam bentuk matriks pada Persamaan (3).

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & x_{11} & \cos x_{11} & \cdots & \cos(Wx_{11}) & \cdots & x_{p1} & \cos x_{p1} & \cdots & \cos(Wx_{p1}) \\ \frac{1}{2} & x_{12} & \cos x_{12} & \cdots & \cos(Wx_{12}) & \cdots & x_{p2} & \cos x_{p2} & \cdots & \cos(Wx_{p2}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{2} & x_{1n} & \cos x_{1n} & \cdots & \cos(Wx_{1n}) & \cdots & x_{pn} & \cos x_{pn} & \cdots & \cos(Wx_{pn}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_0 \\ \delta_1 \\ \theta_{11} \\ \vdots \\ \theta_{w1} \\ \delta_p \\ \theta_{1p} \\ \vdots \\ \theta_{wp} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

sehingga

$$\vec{y} = \mathbf{X}(W)\vec{\theta} + \vec{\varepsilon} \quad (4)$$

dengan

- \vec{y} : Vektor variabel respon yang berukuran $n \times 1$
- $\mathbf{X}(W)$: Matriks variabel prediktor dengan nilai osilasi berukuran $n \times (p + (pW) + 1)$
- $\vec{\theta}$: Vektor parameter deret Fourier yang berukuran $(p + (pW) + 1) \times 1$
- $\vec{\varepsilon}$: Vektor yang berukuran $n \times 1$ yang diasumsikan identik, independen dan berdistribusi normal yang dinyatakan dengan $\varepsilon_i \sim IIDN(0, \sigma^2)$

(Dani & Adrianingsih, 2021)

Metode UBR termasuk pendekatan statistika untuk mengevaluasi kinerja estimator atau model statistik dengan mempertimbangkan risiko dan bias. Nilai estimasi dari varian *error* harus diketahui terlebih dahulu untuk pemilihan parameter penghalus dalam metode UBR. Varians (σ^2) dalam UBR memiliki peran penting dalam mengukur ketidakpastian atau risiko tanpa bias dari suatu estimator atau model statistik dan salah satu komponen utama dari risiko dan bias. Kriteria nilai UBR ini digunakan untuk menentukan banyaknya osilasi yang optimal dengan cara memilih nilai W yang menghasilkan nilai $U(W)$ terkecil. Dengan demikian, metode UBR dapat digunakan untuk memilih banyaknya osilasi yang diinginkan dalam regresi nonparametrik dengan estimator deret Fourier. Rumus dari metode UBR dapat dituliskan pada Persamaan (5) (Wang, 2011).

$$U(W) = \frac{1}{n} \left(\|(\mathbf{I} - \mathbf{A}(W))\vec{y}\|^2 + \frac{\hat{\sigma}^2}{n} \text{trace}[\mathbf{I} - \mathbf{A}(W)]^2 + \frac{\hat{\sigma}^2}{n} \text{trace}[\mathbf{A}(W)^2] \right) \quad (5)$$

dimana taksiran dari $\hat{\sigma}^2$ seperti pada Persamaan (6).

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\|(\mathbf{I} - \mathbf{A}(W))\vec{y}\|^2}{\text{trace}[(\mathbf{I} - \mathbf{A}(W))]^2} \quad (6)$$

dengan

- $U(W)$: Fungsi UBR pada osilasi ke- w , $w = 1, 2, \dots, W$
- \mathbf{I} : Matriks identitas
- $\mathbf{A}(W)$: $\mathbf{X}(W) [(\mathbf{X}(W)^T \mathbf{X}(W))^{-1} \mathbf{X}(W)^T]$
- \vec{y} : Vektor variabel respon
- trace* : Jumlahan diagonal matriks
- n : Banyaknya data
- $\hat{\sigma}^2$: Estimasi varians
- w : Nilai osilasi
- W : Banyaknya osilasi

Tujuan utama analisis regresi adalah menemukan model yang paling tepat untuk menggambarkan hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon sesuai dengan kriteria tertentu. Seberapa efektif model dalam menjelaskan variasi yang terjadi variabel respon dapat diukur dengan menggunakan koefisien determinasi (R^2). Nilai R^2 berada pada interval $[0 - 1]$. Rumus untuk mencari koefisien determinasi didefinisikan pada Persamaan (7).

$$R^2 = 1 - \frac{SSR}{SST} \quad (7)$$

dengan

$$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2, SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

dimana

SSR : *Sum Square Regression*

SST : *Sum Square Total*

dengan y_i variabel respon ke- i , \hat{y}_i merupakan penduga variabel respon ke- i , dan \bar{y} ialah rata-rata dari variabel respon (Nurchayani, 2023).

Tujuan dari pengujian hipotesis adalah untuk menentukan dampak variabel respon terhadap variabel prediktor. Proses ini melibatkan dua langkah: pertama, melakukan pengujian secara bersamaan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian secara terpisah. (Sudjana, 2022).

Uji simultan pada intinya bertujuan untuk mengevaluasi seluruh variabel prediktor yang dimasukkan ke dalam model secara bersama-sama apakah mempengaruhi variabel respon. Menurut Imam Ghozali (2018), jika nilai probabilitas signifikan $\leq \alpha$, maka variabel prediktor dapat memberikan pengaruh yang signifikan secara bersama-sama terhadap variabel respon. Rumusan hipotesis untuk pengujian secara simultan :

$$H_0 : \delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_p = \theta_{11} = \dots = \theta_{pw} = 0$$

(Secara simultan, variabel prediktor secara bersama-sama tidak berkontribusi terhadap perubahan variabel respon)

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \delta_p \neq 0 \text{ atau } \theta_{pw} \neq 0; p = 1, 2, \dots, l; w = 1, 2, \dots, W$$

(Secara simultan, variabel prediktor secara bersama-sama berkontribusi terhadap perubahan variabel respon)

Statistik uji yang digunakan pada pengujian parameter secara simultan dituliskan pada Persamaan (8)

$$F_{hitung} = \frac{MS_{regression}}{MS_{error}} \quad (8)$$

dimana

$$MSR = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{p + (pW)}, MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - (p + (pW)) - 1}$$

dan tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dimana F_{tabel} adalah $F_{\alpha(p+pW, n-(p+pW)-1)}$ atau $p - value \leq \alpha$ yang berarti variabel prediktor secara simultan berkontribusi terhadap variabel respon. Tujuan dari uji parsial adalah menilai dampak individual dari variabel prediktor terhadap variabel respon melalui perbandingan t_{tabel} dan t_{hitung} .

Rumusan hipotesis untuk pengujian secara parsial yaitu :

$$H_0 : \delta_p, \theta_{pw} = 0$$

(Secara parsial variabel prediktor tidak berkontribusi terhadap variabel respon)

$$H_1 : \delta_p \neq 0, \theta_{pw} \neq 0; p = 1, 2, \dots, l, w = 1, 2, \dots, W$$

(Secara parsial variabel prediktor berkontribusi terhadap variabel respon)

Statistik yang digunakan untuk pengujian pada Persamaan (9)

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\theta}_p}{SE(\hat{\theta}_p)} \quad (9)$$

dengan $SE(\hat{\theta}_p)$ adalah *standard error* dari $\hat{\theta}_p$ pada Persamaan (10)

$$SE(\hat{\theta}_p) = \sqrt{\text{var}(\hat{\theta}_p)} \quad (10)$$

Tolak H_0 jika $|t_{hitung}|$ lebih besar dari $t_{tabel} = t_{\frac{\alpha}{2}; (n-p-(p+pw)-1)}$ atau tolak H_0 jika $p\text{-value} < \alpha$

(Sari & Budiantara, 2012).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengambil populasi dari semua kabupaten/kota di Pulau Jawa, dengan sampel yang terdiri dari 65 kabupaten/kota di Jawa Timur dan Jawa Barat pada tahun 2022. Penelitian ini menggunakan ketersediaan data dari BPS dan Open data Jabar dengan 5 variabel yang diamati yaitu tingkat pengangguran terbuka (Y), jumlah penduduk miskin (X1), indeks ketimpangan *gender* (X2), rata-rata lama sekolah (X3), tingkat partisipasi angkatan kerja (X4), dan angka harapan hidup (X5).

Terkait dengan isu-isu dan tujuan penelitian ini, teknik analisis data yang dikenakan yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan analisis statistika deskriptif pada variabel respon dan variabel prediktor.
2. Menganalisis pola yang terbentuk dari data menggunakan *scatterplot*.
3. Memodelkan variabel respon menggunakan regresi nonparametrik deret Fourier dengan 1,2, dan 3 osilasi pada Persamaan (2)
4. Menghitung nilai UBR dan R^2 masing-masing model regresi nonparametrik deret Fourier dengan 1,2, dan 3 osilasi pada Persamaan (5) dan Persamaan (7).
5. Memilih model terbaik berdasarkan jumlah osilasi optimal menggunakan metode UBR yang minimum dan nilai R^2 terbesar.
6. Melaksanakan pengujian hipotesis dari model terbaik baik secara simultan pada Persamaan (8) maupun parsial pada Persamaan (9).
7. Membuat kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah analisis data yang pertama yaitu eksplorasi data dengan statistika deskriptif untuk melihat gambaran umum data. Penelitian ini menggunakan analisis statistik deskriptif yang meliputi rata-rata, deviasi standar, nilai maksimum, dan nilai minimum untuk setiap variabel yang diteliti. Hasil analisis statistik deskriptif dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

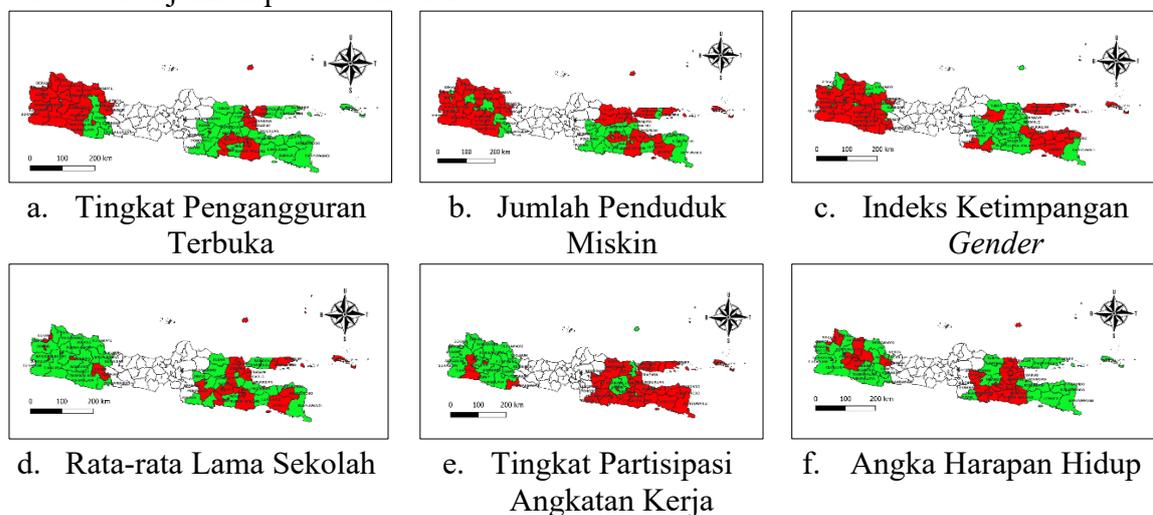
Tabel 1. Statistika Deskriptif Variabel Penelitian (%)

Variabel	Rata – rata	Deviasi Standar	Maksimum	Minimum
y	6,32	2,36	10,78	1,36
x_1	126,96	85,62	474,70	7,88
x_2	0,40	0,13	0,64	0,09

x_3	13,21	0,90	15,76	11,78
x_4	69,29	4,21	82,99	61,80
x_5	72,34	1,76	75,48	67,29

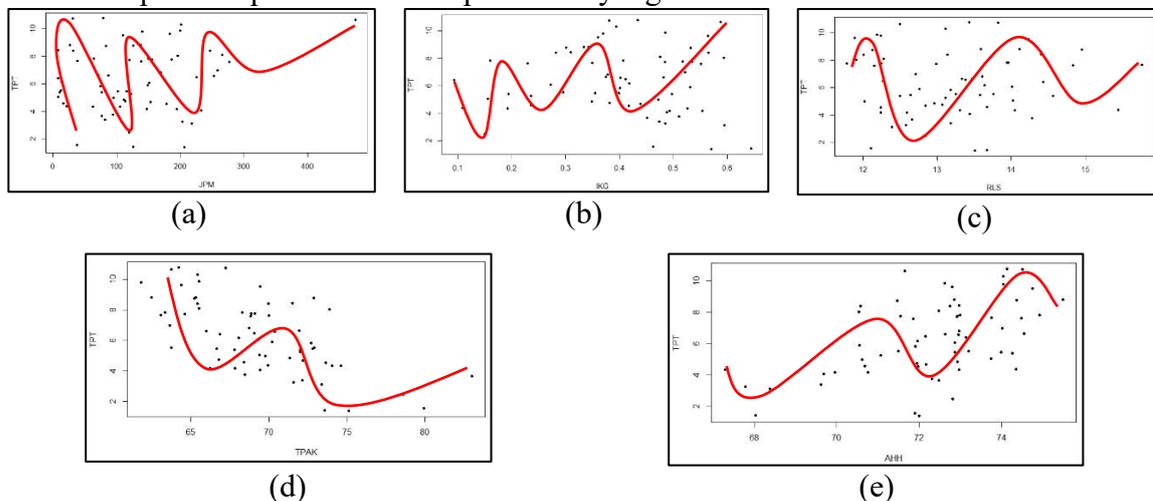
Berdasarkan Tabel 1, deskripsi untuk Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) di Jawa Timur dan Jawa Barat Tahun 2022 memiliki rata – rata sebesar 6,32%, memiliki TPT yang tertinggi diantara Kabupaten/Kota lainnya ialah senilai 10,78%, sedangkan kabupaten dengan nilai TPT terendah adalah sebesar 1,36%. Nilai deviasi standar dari TPT di Jawa Timur dan Jawa Barat Tahun 2022 sebesar 2,36 yang menandakan persebaran nilai TPT di Jawa Timur dan Jawa Barat Tahun 2022 mendekati nilai rata-rata.

Selanjutnya, eksplorasi data dapat menggunakan peta pesebaran. Secara visual sebaran data dari masing-masing variabel ditunjukkan pada pemetaan spasial pada Gambar 1 dimana pengelompokan setiap variabel disajikan dalam 3 kategori warna. Peta masing-masing variabel ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Pesebaran

Langkah berikutnya sebelum dilakukan pemodelan dalam regresi nonparametrik deret Fourier adalah menganalisis pola hubungan data antara variabel respon dan setiap variabel prediktor yang sekiranya berpengaruh. Hubungan ini dapat dianalisis menggunakan *scatterplot*, yang ditampilkan pada Gambar 3, untuk menunjukkan keterkaitan antara variabel respon dan prediktor dalam penelitian yang dilakukan.



Gambar 3. Scatterplot

Selanjutnya, sangat penting untuk menentukan parameter osilasi yang optimal guna menghasilkan estimator deret Fourier terbaik dalam regresi nonparametrik. Jumlah osilasi dalam penelitian ini akan ditentukan antara 1 hingga 3 osilasi. Pemilihan osilasi yang optimal dilakukan dengan menghitung nilai UBR dan koefisien determinasi berdasarkan Persamaan (5) dan (7), yang direkapitulasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai UBR dan R^2

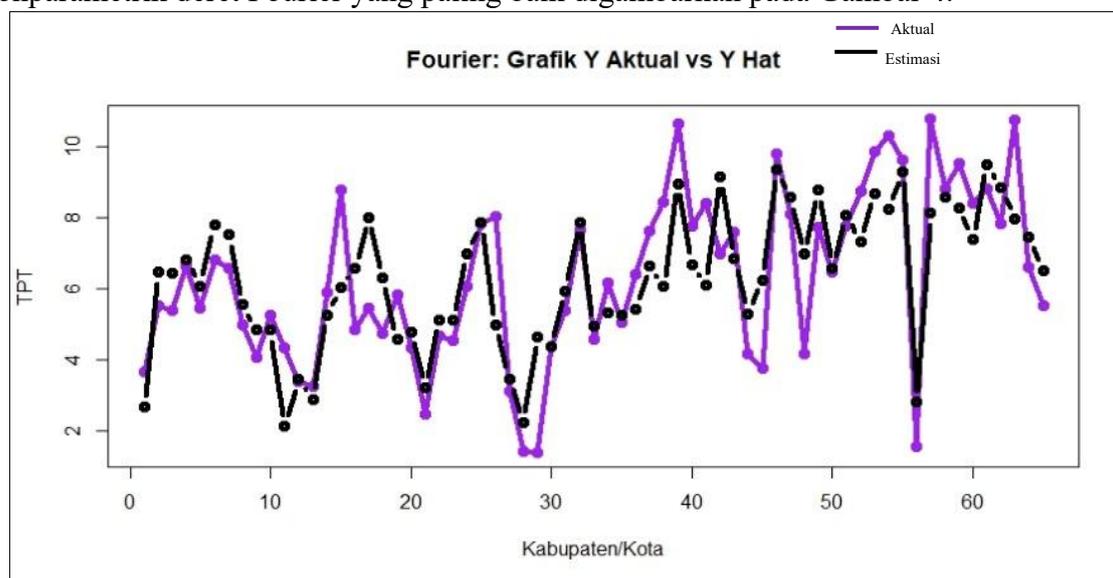
Osilasi (W)	UBR	R^2
1	$4,47 \times 10^{-11}$	64,61%
2	$8,82 \times 10^{-11}$	69,33%
3	$8,07 \times 10^{-11}$	71,16%

Berdasarkan Tabel 2 terlihat nilai UBR minimum berada pada 1 osilasi dengan nilai UBR sebesar $4,47 \times 10^{-11}$ dan koefisien determinasi sebesar 64,61 % yang berarti 64,61% variasi variabel TPT dipengaruhi oleh variabel prediktor, sedangkan 35,39% variasi variabel TPT dipengaruhi oleh variabel lain yang belum diteliti.

Melalui penerapan osilasi optimal, model regresi deret Fourier nonparametrik yang efektif diperoleh dengan tiga osilasi. Oleh karena itu, Persamaan (11) menggambarkan model terbaik untuk Tingkat Pengangguran Terbuka di Pulau Jawa yang menggunakan regresi deret Fourier nonparametrik.

$$\hat{y}_i = -59,44 + 0,004x_{1i} + 20,09 \cos x_{1i} + 20,7x_{2i} + 1180 \cos x_{2i} - 0,188x_{3i} + 20,8 \cos x_{3i} - 0,272x_{4i} - 12,8 \cos x_{4i} + 0,645x_{5i} - 102 \cos x_{5i} \quad (11)$$

Secara visual perbandingan antara y aktual dan \hat{y}_i estimasi dari model regresi nonparametrik deret Fourier yang paling baik digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Visualisasi Data Aktual dan Data Estimasi

Gambar 4 mengindikasikan bahwa hasil estimasi menggunakan model regresi nonparametrik deret Fourier terbaik dengan metode UBR cenderung sejalan dengan pola data aktual, dimana garis berwarna hitam menandakan nilai \hat{y}_i estimasi serta garis yang berwarna ungu menandakan nilai y aktual yaitu data TPT.

Setelah menyelesaikan estimasi parameter model, langkah berikutnya adalah menguji hipotesis tersebut. Pengujian signifikansi dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengujian simultan dan pengujian parsial. Hasil dari pengujian simultan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Analisis variansi Model Regresi Deret Fourier secara Simultan

Sumber Variansi	Derajat Bebas (df)	Sum of Square	Mean square	F	p-value
Regresi	10	231,90	23,19	11,87	0,00
Error	54	126,98	1,95		
Total	64	358,88			

Berdasarkan hasil analisis variansi pada Tabel 3 dapat diketahui nilai $F = 11,87$ dan nilai p -value sebesar 0,00 dengan $F_{0,05;(10,54)} = 2,01$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai F lebih dari nilai $F_{0,05;(10,54)}$ dan nilai p -value kurang dari $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa secara bersamaan, paling tidak ada satu variabel prediktor yang berpengaruh terhadap tingkat pengangguran terbuka di Jawa Timur dan Jawa Barat pada tahun 2022. Selanjutnya, pengujian signifikansi parsial dapat dilakukan untuk parameter model. Pengujian ini menggunakan uji statistik dengan derajat kebebasan, dan hasilnya disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Signifikansi Parameter model secara Parsial

Variabel	Parameter	Koefisien	t_{hitung}	P-value	Keterangan	Kesimpulan
x_1	$\hat{\delta}_1$	0,00	1,66	0,10	$0,10 > 0,05$	Tidak Berpengaruh
	$\hat{\theta}_{11}$	20,09	0,46	0,64	$0,64 > 0,05$	
x_2	$\hat{\delta}_2$	20,78	1,63	0,10	$0,10 > 0,05$	Tidak Berpengaruh
	$\hat{\theta}_{12}$	1180,89	1,35	0,18	$0,18 > 0,05$	
x_3	$\hat{\delta}_3$	-0,18	-0,72	0,47	$0,47 > 0,05$	Tidak Berpengaruh
	$\hat{\theta}_{13}$	20,87	0,43	0,66	$0,66 > 0,05$	
x_4	$\hat{\delta}_4$	-0,27	-6,03	0,00*	$0,00 < 0,05$	Berpengaruh
	$\hat{\theta}_{14}$	-12,86	-0,28	0,77	$0,77 > 0,05$	
x_5	$\hat{\delta}_5$	0,64	4,88	0,00*	$0,00 < 0,05$	Berpengaruh
	$\hat{\theta}_{15}$	-102,72	-2,28	0,02*	$0,02 < 0,05$	

Catatan: (*) parameter yang signifikan

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui parameter yang ada di dalam setiap variabel berdasarkan nilai t_{hitung} dan p -value. Secara parsial variabel tingkat partisipasi angkatan kerja dan angka harapan hidup berpengaruh terhadap variabel tingkat pengangguran terbuka di Jawa Timur dan Jawa Barat Tahun 2022.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pemodelan regresi nonparametrik pada deret Fourier dengan metode UBR terbaik pada data Tingkat Pengangguran Terbuka di Jawa Timur dan Jawa Barat, maka dapat disimpulkan bahwa osilasi (W) optimal yang didapatkan adalah sebanyak 1 osilasi dengan UBR minimum sebesar 4,47. Model terbaik regresi nonparametrik deret Fourier dengan metode UBR yang diperoleh dengan 1 osilasi yang ada pada Persamaan (11). Berdasarkan

pengujian signifikansi parameter yang dilakukan dengan cara simultan diperoleh hasil bahwa variabel prediktor berpengaruh terhadap variabel respon tingkat pengangguran terbuka. Pada pengujian variabel secara parsial diperoleh hasil bahwa terdapat 2 variabel yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon tingkat pengangguran terbuka yaitu, tingkat partisipasi angkatan kerja dan angka harapan hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Algifari. (1997). *Analisis Regresi: Teori, Kasus, dan Solusi*, Edisi Pertama. Yogyakarta: BPFE.
- Badan Pusat Statistik. (2012). *Data Makro Sosial dan Ekonomi Jawa Timur 2009-2012*. Jakarta: Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2021). *Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja di pulau Jawa*.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2022). *Indeks Ketimpangan Gender*.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2022). *Jumlah Penduduk Miskin di Indonesia*
- Badan Pusat Statistik Jawa Barat. (2023). *Provinsi Jawa Barat Dalam Angka 2022*.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Statistik Indonesia 2021*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Budiantara, I. (2011). "Penelitian Bidang Regresi Spline Menuju Terwujudnya Penelitian Statistika yang Mandiri dan Berkarakter". *Prosiding Seminar Nasional MIPA*.
- Darmawan, A. S., & Mifrahi, M. N. (2022). Analisis Tingkat Pengangguran Terbuka di Indonesia Periode Sebelum dan Saat Pandemi COVID-19. *Jurnal Kebijakam Ekonomi dan Keuangan*. Vol.24, No.01, hal 111-118.
- Eubank, R.L. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*. Marcel Dekker: New York.
- Hariksa, Siti & Manfaati, I. (2019), *Pemodelan Regresi Nonparametrik Deret Fourier Pada Kasus Tingkat Kemiskinan Di Sumatra Utara*. Semarang: UMS.
- Nurchayani, E.P. (2023). *Pemodelan Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier Pada Tingkat Pengangguran Terbuka di Indonesia*. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- Nurjanah, F., Utami, T. W., & Nur, I. M. (2015). Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier pada Pola Data Curah Hujan di Kota Semarang. *Jurnal Statistika*. Vol.03, No.02, hal.8-14.
- Open Data Jabar. (2022). *Angka Harapan Hidup. Jawa Barat*. (<https://opendata.jabarprov.go.id/id>) diakses pada tanggal 15 Maret 2024.
- Poerwanto, B., & Budiantara, I. N. (2014). "Estimasi Kurva Regresi Semiparametrik Spline untuk Data Longitudinal". *Prosiding Seminar Nasional Matematika*.
- Prahutama, A. (2013). Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier Pada Kasus Tingkat Pengangguran Terbuka di Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Statistika Universitas Diponegoro*.
- Sari, R.S. & Budiantara, I. N. (2012). Pemodelan Pengangguran Terbuka di Jawa Timur dengan Menggunakan Regresi Spline Multivariabel. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1 (1), 236-241.
- Wang, Y. (1998). "Smoothing Spline Models With Correlated Random Errors". *Journal of The American Statistical Association*. Vol. 93. No. 441. Hal. 341-348.
- Wardani, P. K. (2023). *Pemilihan Titik Knot dan Parameter Osilasi Optimal Menggunakan Metode GCV dan UBR pada Regresi Nonparametrik Estimator Campuran Spline Truncated dan Deret Fourier*. Master Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- 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*. Vol.04, No.02, hal.75-82.