

Application of Nonparametric Spline Regression and Fourier Series to Model Gross Regional Domestic Product in Indonesia

Marklif Esriy Mocodompis¹⁾, Deiby Tineke Salaki^{2*)}, Djoni Hatidja³⁾

^{1,2,3)}Department of Mathematics Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia

*Corresponding author: deibyts.mat@unsrat.ac.id

ABSTRACT

The purpose of this study was to model the Gross Regional Domestic Product (GRDP) in Indonesia using nonparametric spline regression and Fourier series. The data used includes the GRDP of 34 provinces in Indonesia, with predictor variables such as labor force participation rate, foreign direct investment, local revenue, minimum provincial wage, and human development index. In the nonparametric spline regression, the determination of the optimal knot points is performed with one to three knots, and the optimal knot points are obtained by minimizing the Generalized Cross Validation (GCV) value, resulting in three optimal knot points. In the nonparametric Fourier series regression, calculations are performed for one to three oscillation points, and the optimal oscillation points are obtained based on the minimum GCV value, resulting in three optimal oscillation points. Therefore, the best nonparametric spline regression model utilizes three knot points, while the Fourier series model utilizes three oscillation points for modeling the GRDP in Indonesia.

Keywords: Fourier Series; nonparametric regression; oscillation points; spline

Penerapan Regresi Nonparametrik Spline dan Deret Fourier Untuk Memodelkan Produk Domestik Regional Bruto di Indonesia

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah memodelkan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) di Indonesia dengan regresi nonparametrik spline dan Deret Fourier. Data yang digunakan adalah PDRB 34 Provinsi di Indonesia dengan variabel prediktor tingkat partisipasi angkatan kerja, investasi penanaman modal asing, pendapatan asli daerah, upah minimum provinsi, dan indeks pembangunan manusia. Pada regresi nonparametrik spline dilakukan penentuan titik knot yang paling optimal dengan satu sampai tiga titik, sehingga didapatkan titik knot yang paling optimal adalah dengan tiga titik knot berdasarkan nilai GCV (*Generalized Cross Validation*) paling minimum. Pada regresi nonparametrik Deret Fourier dilakukan perhitungan satu sampai tiga titik osilasi, didapat titik osilasi optimal adalah tiga osilasi berdasarkan nilai GCV paling minimum. Maka model regresi nonparametrik spline yang terbaik menggunakan tiga titik knot dan untuk Deret Fourier menggunakan tiga titik osilasi, dalam memodelkan PDRB di Indonesia.

Kata Kunci: Deret fourier; regresi nonparametrik; spline; titik knot

(Article History: Received 04-07-2023; Accepted 30-10-2023; Published 30-10-2023)

PENDAHULUAN

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) adalah penjumlahan secara menyeluruh baik barang maupun jasa yang diproduksi di dalam wilayah domestik suatu negara karena adanya aktivitas perekonomian yang berlangsung pada periode tertentu (BPS, 2022). Pandemi covid-19 yang melanda dunia termasuk Indonesia, menimbulkan kerugian yang sangat besar. Banyak cara dilakukan pemerintah untuk mengembalikankondisi

perekonomian di tengah pandemi, dengan waktu yang singkat banyak daerah telah menjalankan aktivitas sosial dan ekonomi dengan protokol kesehatan (Kasna, 2021). Kondisi ekonomi Indonesia yang melemah akibat pandemi (Fadilah & Nugroho, 2021), dengan kondisi geografis Indonesia merupakan negara kepulauan dan memiliki perbedaan sumber daya alam dan manusia di setiap daerahnya semakin membuat perbedaan ekonomi (Sugiastuti & Pratama, 2022), perbedaan yang fluktuatif menyebabkan kesulitan dalam memodelkan kondisi perekonomian di Indonesia. Regresi nonparametrik merupakan metode dalam dunia statistika dimana dapat menentukan hubungan antara variabel respon dan prediktor dengan tidak mengasumsikan bentuk dari fungsi atau kurva regresi (Alwi *et al.*, 2021).

Penelitian terdahulu tentang PDRB dengan memakai regresi nonparametrik spline telah dibuat oleh (Khanela *et al.*, 2017) yang mendapatkan kesimpulan bahwa tingkat partisipasi angkatan kerja, penanaman modal asing, penanaman modal dalam negeri, realisasi belanja modal, dan realisasi belanja pegawai berpengaruh terhadap PDRB di Indonesia, selanjutnya oleh (Pratiwi & Wijaya, 2022) yang menyimpulkan bahwa tingkat partisipasi angkatan kerja, penanaman modal asing, dan penanaman modal dalam negeri berpengaruh terhadap PDRB di Indonesia. Kemudian penelitian tentang regresi nonparametrik Deret Fourier telah dilakukan oleh (Prahutama, 2013) dengan kesimpulan bahwa model Regresi Deret Fourier terbaik menggunakan satu titik osilasi, dan (Adrianingsih *et al.*, 2020) yang menyimpulkan model regresi Deret Fourier yang paling baik adalah dengan tiga titik osilasi. Selama ini belum banyak peneliti yang telah melakukan penelitian mengenai PDRB di Indonesia menggunakan metode regresi nonparametrik Deret Fourier. Berdasarkan penelitian sebelumnya dan latar belakang yang dijelaskan, maka dalam penelitian ini dilakukan penentuan model regresi nonparametrik spline dan Deret Fourier yang terbaik dengan data PDRB di Indonesia Tahun 2021. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mendapatkan model regresi nonparametrik PDRB di Indonesia menggunakan metode spline dan Deret Fourier.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2023–Maret 2023. Data yang digunakan adalah yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik dan Kementerian Keuangan RI, dengan variabel penelitian PDRB 34 Provinsi di Indonesia, tingkat partisipasi angkatan kerja, investasi penanaman modal asing, pendapatan asli daerah, upah minimum provinsi, dan indeks pembangunan manusia dengan mengambil data Tahun 2021.

1. Membuat *scatter plot* hubungan antar variabel dan melakukan uji normalitas data.
2. Menentukan titik knot optimal berdasarkan nilai GCV yang paling minimum. rumus GCV dapat dilihat pada persamaan (1) (Khanela *et al.*, 2017).

$$GCV = \frac{MSE}{[n^{-1}trace(I-A)]} \quad (1)$$

dimana,

I : Matriks Identitas

n : Banyaknya pengamatan

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

$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$

3. Membuat model regresi nonparametrik spline dengan titik knot optimal. dengan model umum persamaan regresi seperti pada persamaan (2) (Setyowati *et al.*, 2020)

$$y_i = \beta_{00} + \beta_{11}x_{1i} + \dots + \beta_{q1}x_{1i}^q + \beta_{11}(x_{1i} - K_{11})_+^q + \dots + \beta_{m1}(x_{1i} - K_{m1})_+^q + \beta_{12}x_{2i} + \dots + \beta_{q2}x_{2i}^q + \beta_{12}(x_{2i} - K_{12})_+^q + \dots + \beta_{m2}(x_{2i} - K_{m2})_+^q + \beta_{1p}x_{pi} + \dots + \beta_{qp}x_{pi}^q + \beta_{1p}(x_{pi} - K_{1p})_+^q + \dots + \beta_{mp}(x_{pi} - K_{mp})_+^q + \varepsilon_i \quad (2)$$

4. Menghitung estimasi parameter dengan persamaan dapat dilihat pada persamaan (3) dan nilai koefisien determinasi model regresi nonparametrik spline Semakin besar nilai koefisien determinasi maka semakin baik sebuah model menjelaskan perilaku variabel respon (Hatidja & Salaki, 2020) dengan perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (4) (Rahmawati *et al.*, 2017)

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (3)$$

dimana,

X' =Matriks transpose variabel x

Y = Matriks y

$(X'X)^{-1}$ = Invers dari perkalian matriks $X'X$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (4)$$

dimana,

y_i = Variabel respon y observasi ke- i

\hat{y}_i = nilai variabel respon y observasi ke- i

\bar{y}_i = Nilai rata-rata variabel respon y observasi ke- i

5. Menentukan K yang optimal berdasarkan nilai GCV yang paling minimum (Salim, 2022).
6. Membuat model regresi nonparametrik Deret Fourier dengan K optimal, dengan persamaan umum regresi nonparametrik deret fourier yang ditunjukkan oleh persamaan (3) (Mariati & Budiantara, 2015).

$$y_i = \beta_0 + \beta_j(x_{ji}) + \frac{1}{2}\alpha_0 + \sum_{k=1}^K \alpha_{kj} \cos kx_{ji}, j = 1, 2, \dots, p \quad (5)$$

dimana,

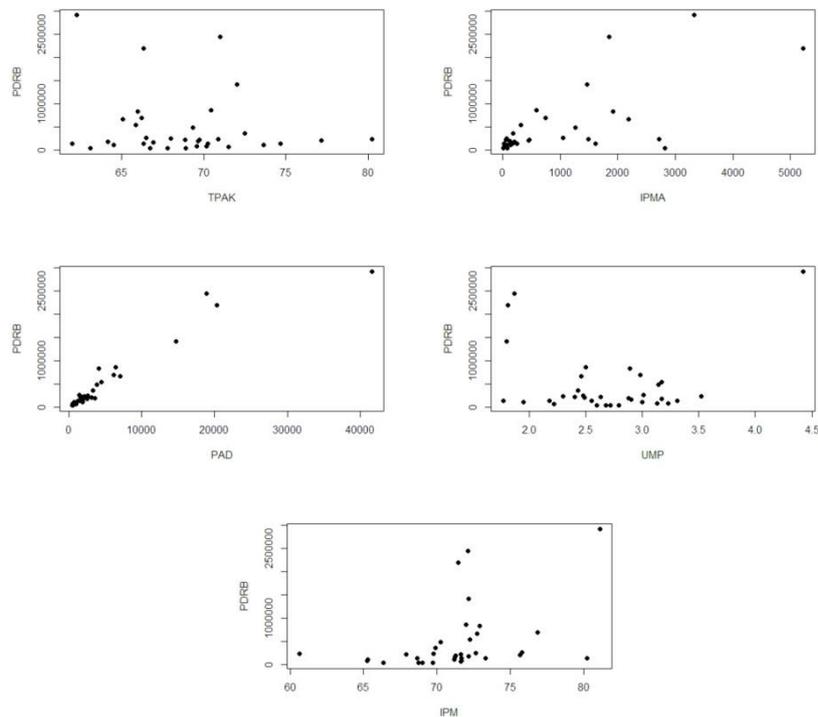
kx_{ji} : titik osilasi ke- K variabel respon ke- j observasi ke- i

7. Menghitung estimasi parameter dengan menggunakan persamaan (6) dan nilai koefisien determinasi model regresi nonparametrik Deret Fourier seperti pada persamaan (4).

$$\hat{\beta}(K) = ((X'(K)X(K)))^{-1}X'(K)Y \quad (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Hubungan PDRB Dengan Masing-Masing Variabel



Gambar 1. Pola hubungan PDRB dengan setiap variabel

Hasil *scatterplot* pola hubungan PDRB dengan masing-masing variabel respon pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa titik-titik data tidak mengikuti suatu pola, jika hasil *scatterplot* diestimasi menggunakan regresi biasa maka kurva regresi tidak akan diketahui (Kekenusa, 2006), sehingga hubungan PDRB dengan masing-masing variabel dapat diestimasi menggunakan regresi nonparametrik.

Uji Normalitas Data

Selanjutnya dilakukan uji normalitas data, jika data digunakan berdistribusi tidak normal maka data dapat diestimasi menggunakan regresi nonparametrik (Meimela, 2020). Berdasarkan hasil uji *Kolmogorov-Smirnov* didapatkan nilai *p-value* sebesar 0,00016 yang artinya lebih rendah dari $\alpha=0,05$, maka H_0 ditolak dengan kesimpulan data PDRB tidak berdistribusi normal (Fajriyyah & Budiantara, 2015). Berdasarkan hasil analisa plot hubungan variabel respon dengan masing-masing prediktor, dan hasil uji normalitas data, maka hubungan kedua variabel dapat dianalisis dengan metode atau pendekatan regresi nonparametrik.

Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline

Model persamaan regresi nonparametrik spline optimal merupakan model yang memiliki titik knot optimal, titik knot optimal memiliki nilai GCV (*Generalized Cross Validation*) yang minimum (Budiantara, 2005). Titik knot yang dipakai dalam penelitian ini adalah satu titik knot, dua titik knot dan tiga titik knot, penentuan titik knot dilakukan dengan melakukan percobaan dengan menggunakan setiap titik dalam data pada variabel prediktor memakai metode GCV, kemudian dipilih titik yang memiliki nilai GCV terkecil pada setiap satu titik, dua titik dan tiga titik. Hasil dari memodelkan PDRB dengan regresi nonparametrik

spline menggunakan satu titik knot, yang memiliki nilai GCV paling minimum sebesar 18.119.313.144 dengan model persamaan pada persamaan (1),

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 (x_1 - 79,92)_+ + \hat{\beta}_3 x_2 + \hat{\beta}_4 (x_2 - 5.129,36)_+ + \hat{\beta}_5 x_3 + \hat{\beta}_6 (x_3 - 40.908,05)_+ + \hat{\beta}_7 x_4 + \hat{\beta}_8 (x_4 - 4,38)_+ + \hat{\beta}_9 x_5 + \hat{\beta}_{10} (x_5 - 80,76)_+ \quad (1)$$

Selanjutnya dilakukan penentuan model persamaan regresi nonparametrik spline menggunakan dua titik knot, dengan GCV yang paling minimum sebesar 13.827.123, maka model persamaan dengan dua titik knot dapat dilihat pada persamaan (2)

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 (x_1 - 68,78)_+ + \hat{\beta}_3 (x_1 - 69,09)_+ + \hat{\beta}_4 x_2 + \hat{\beta}_5 (x_2 - 1.949,28)_+ + \hat{\beta}_6 (x_2 - 2.037,62)_+ + \hat{\beta}_7 x_3 + \hat{\beta}_8 (x_3 - 15.770,58)_+ + \hat{\beta}_9 (x_3 - 16.468,85)_+ + \hat{\beta}_{10} x_4 + \hat{\beta}_{11} (x_4 - 2,76)_+ + \hat{\beta}_{12} (x_4 - 2,80)_+ + \hat{\beta}_{13} x_5 + \hat{\beta}_{14} (x_5 - 68,26)_+ + \hat{\beta}_{15} (x_1 - 68,61)_+ \quad (2)$$

Setelah diperoleh model persamaan regresi nonparametrik satu dan dua titik knot, kemudian dilakukan pemilihan model dengan tiga titik knot dan didapat nilai GCV yang paling minimum yaitu 10.861.474.955, sehingga model persamaan regresi nonparametrik menggunakan tiga titik knot seperti pada persamaan (3)

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 (x_1 - 67,85)_+ + \hat{\beta}_3 (x_1 - 68,16)_+ + \hat{\beta}_4 (x_1 - 69,09)_+ + \hat{\beta}_5 x_2 + \hat{\beta}_6 (x_2 - 1.684,28)_+ + \hat{\beta}_7 (x_2 - 1.772,61)_+ + \hat{\beta}_8 (x_2 - 2.037,62)_+ + \hat{\beta}_9 x_3 + \hat{\beta}_{10} (x_3 - 13.675,79)_+ + \hat{\beta}_{11} (x_3 - 14.374,06)_+ + \hat{\beta}_{12} (x_3 - 16.468,85)_+ + \hat{\beta}_{13} x_4 + \hat{\beta}_{14} (x_4 - 2,62)_+ + \hat{\beta}_{15} (x_4 - 2,67)_+ + \hat{\beta}_{16} (x_4 - 2,80)_+ + \hat{\beta}_{17} x_5 + \hat{\beta}_{18} (x_5 - 67,22)_+ + \hat{\beta}_{19} (x_5 - 67,57)_+ + \hat{\beta}_{20} (x_5 - 68,95)_+ \quad (3)$$

Setelah mendapatkan model yang optimal dengan menggunakan satu titik knot, dua titik knot, dan tiga titik knot, selanjutnya dari ketiga model yang optimal dipilih model yang paling optimal, yang memiliki nilai GCV yang paling minimum yaitu tiga titik knot, maka model persamaan regresi nonparametrik spline yang terbaik yaitu menggunakan tiga titik knot. Kemudian dilakukan estimasi parameter dan perhitungan nilai koefisien determinasi, dengan hasil estimasi parameter model sebagai berikut,

$$\hat{y}_i = -465,96 + 4.956,67x_1 + 11.341,24(x_1 - 67,85)_+ + 2.504,06(x_1 - 68,16)_+ - 32.457,92(x_1 - 69,09)_+ + 57,79x_2 + 10.813,37(x_2 - 1.684,28)_+ - 15.108,53(x_2 - 1.772,61)_+ + 4.394,99(x_2 - 2.037,62)_+ + 109,78x_3 - 369,20(x_3 - 13.675,79)_+ + 405,66(x_3 - 14.374,06)_+ - 102,17(x_3 - 16.468,85)_+ - 13.181,31x_4 + 20.874,81(x_4 - 2,62)_+ + 21.015,37(x_4 - 2,67)_+ + 17.760,05(x_4 - 2,80)_+ - 5.112,42x_5 + 10.128,61(x_5 - 67,22)_+ + 5.134,51(x_5 - 67,57)_+ - 8.719,72(x_5 - 68,95)_+ \quad (4)$$

Dengan nilai koefisien determinasi adalah 0,99 atau 99% artinya bahwa model persamaan regresi nonparametrik spline dapat menerangkan keragaman PDRB di Indonesia sebesar 99%.

Pemodelan Regresi Nonparametrik Deret Fourier

Model persamaan regresi nonparametrik Deret Fourier yang optimal adalah memiliki nilai titik osilasi atau nilai K dengan GCV yang paling minimum (Salim, 2022). Pada penelitian ini dilakukan perhitungan dengan menggunakan satu titik osilasi, dua titik osilasi, dan tiga titik osilasi, dengan hasil perhitungan ketiga titik osilasi dapat dilihat pada Tabel 1,

Tabel 1. Hasil Perhitungan GCV K-Optimal

K	GCV
1	275.184.668.485
2	110.893.600.220
3	38.950.803.848

Berdasarkan hasil perhitungan nilai K pada tabel 1, kemudian dipilih titik osilasi atau nilai K dengan nilai GCV yang paling minimum yaitu K=3 dengan nilai GCV 38.950.803.848, maka model yang terbaik dengan menggunakan regresi nonparametrik Deret Fourier sebagai berikut,

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_{1i} + \alpha_{11} \cos x_{1i} + \alpha_{21} \cos 2x_{1i} + \alpha_{31} \cos 3x_{1i} + \hat{\beta}_2 x_{2i} + \alpha_{12} \cos x_{2i} + \alpha_{22} \cos 2x_{2i} + \alpha_{32} \cos 3x_{2i} + \hat{\beta}_3 x_{3i} + \alpha_{13} \cos x_{3i} + \alpha_{23} \cos 2x_{3i} + \alpha_{33} \cos 3x_{3i} + \hat{\beta}_4 x_{4i} + \alpha_{14} \cos x_{4i} + \alpha_{24} \cos 2x_{4i} + \alpha_{34} \cos 3x_{4i} + \hat{\beta}_5 x_{5i} + \alpha_{15} \cos x_{5i} + \alpha_{25} \cos 2x_{5i} + \alpha_{35} \cos 3x_{5i} + \varepsilon \tag{5}$$

kemudian dilakukan perhitungan estimasi parameter dan nilai koefisien determinasi, dengan hasil perhitungan estimasi parameter sebagai berikut,

$$\hat{y}_i = -40.009,43 + 18.309,15x_{1i} + 13.919,47 \cos x_{1i} - 90.129,49 \cos 2x_{1i} - 50.934,67 \cos 3x_{1i} + 77,43x_{2i} + 104.327,93 \cos x_{2i} - 32.447,43 \cos 2x_{2i} - 51.360,30 \cos 3x_{2i} + 106,14x_{3i} - 39.335,95 \cos x_{3i} - 56.165,01 \cos 2x_{3i} + 50.671,15 \cos 3x_{3i} - 563.077,46x_{4i} - 107.283,82 \cos x_{4i} + 300.820,10 \cos 2x_{4i} - 134.580,56 \cos 3x_{4i} + 366,78x_{5i} - 31.688,98 \cos x_{5i} - 35.727,60 \cos 2x_{5i} - 129.260,14 \cos 3x_{5i} \tag{6}$$

dengan nilai koefisien determinasi adalah 0,96 atau 96% artinya bahwa model persamaan regresi nonparametrik deret fourier dapat menerangkan keragaman PDRB di Indonesia sebesar 96%.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, dilakukan pemodelan regresi nonparametrik menggunakan dua metode berbeda: spline dan deret Fourier. Pada metode spline, menunjukkan bahwa model dengan tiga titik knot memiliki nilai GCV yang paling minimum, yaitu 10.861.474.955. Selanjutnya, pada metode deret Fourier mencoba berbagai nilai K (jumlah titik osilasi) untuk menemukan model yang optimal, hasilnya menunjukkan bahwa model dengan K=3 memiliki nilai GCV yang paling minimum, yaitu 38.950.803.848. Hasil estimasi kedua model menunjukkan bahwa keduanya memiliki tingkat koefisien determinasi yang tinggi. Model spline memiliki koefisien determinasi sebesar 99%, sementara model deret Fourier memiliki koefisien determinasi sebesar 96%. Ini menunjukkan bahwa keduanya dapat dengan baik menjelaskan keragaman PDRB di Indonesia, kedua model ini memiliki kemampuan yang baik dalam menjelaskan variasi PDRB di Indonesia, tetapi model spline lebih baik dengan R-squared sebesar 99%.

DAFTAR PUSTAKA

Adrianingsih, N.Y., Dani, A.T.R., Ainurrochmah, A. (2020). Pemodelan Dengan Pendekatan Deret Fourier Pada Kasus Tingkat Pengangguran Terbuka Di Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Edusainstech*, 4(1), 400–407.

- Alwi, M., Irwan, M., & Musfirah. (2021). Penerapan Regresi Nonparametrik Spline Dalam Memodelkan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia Tahun 2018. *Jurnal Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya*, 9(2), 112–119.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten/Kota Di Sulawesi Utara Menurut Lapangan Usaha. BPS Provinsi Sulawesi Utara, Manado.
- Budiantara, I.N. (2005). Model Keluarga Spline Polinomial Truncated Dalam Regresi Semiparametrik. *Jurnal of Mathematics and Natural Sciences BMIPA*, 15(3), 55–61.
- Fadilah, K., Nugroho, A.A. (2021). Pemutusan Hubungan Kerja Pada Saat Pandemi Covid-19 di Indonesia Ditinjau Dari Prespektif Hukum Ketenagakerjaan. *Jurnal Ilmu Hukum Dan Humaniora*, 8(1), 334–349.
- Fajriyyah, N., Budiantara, I.N. (2015). Pemodelan indeks pembangunan gender dengan pendekatan regresi nonparametrik spline di Indonesia. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(2), 217–222.
- Hatidja, D., & Salaki, D. (2020). Bahan Ajar Analisis Regresi. CV. Patra Media Grafindo. Bandung.
- Kasna, I.K. (2021). Kawal Pemulihan Ekonomi Usai Pandemi. *Jurnal Ilmiah Cakrawarti*, 4(2), 103–113.
- Kekenusa, J.S. (2006). Pemodelan Hasil Tangkapan Dan Evaluasi Model Produksi Surplus Ikan Cakalang Yang Tertangkap Di Perairan Sekitar Bitung Provinsi Sulawesi Utara. [Disertasi]. Pascasarjana UNAIR, Surabaya.
- Khanela, P., Ratna, M., Budiantara, I.N. (2017). Pemodelan PDRB Di Indonesia Menggunakan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(2), 218–223.
- Mariati, N.P.A.M., Budiantara, I.N. (2015). Pemodelan Regresi Deret Fourier Dan Spline Truncated Dalam Regresi Nonparametrik Multivariabel (Aplikasi: Data Kemiskinan Di Provinsi Papua). [Tesis]. FMIPA ITS, Surabaya.
- Meimela, A. (2020). Model Hubungan Jumlah Pengangguran Dan Indeks Kedalaman Kemiskinan Di Pulau Sumatera Tahun 2019 Menggunakan Regresi Nonparametrik. *Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Pembangunan*, 20(2), 97–104.
- Prahutama, A. (2013). Model Regresi Nonparametrik Dengan Pendekatan Deret Fourier Pada Kasus Tingkat Pengangguran Terbuka di Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Statistika UNDIP*, 2013, 69–76.
- Pratiwi, L.P.S., Wijaya, I.M.P.P. (2022). Pemodelan Produk Domestik Regional Bruto di Indonesia dengan Regresi Nonparametrik Menggunakan Estimator Spline. *Jurnal Statistika Dan Aplikasinya*, 6(2), 223–233.
- Rahmawati, A.S., Ispriyanti, D., Warsito, B. (2017). Pemodelan Kasus Kemiskinan Di Jawa Tengah Menggunakan Regresi Nonparametrik Metode B-Spline. *Jurnal Gaussian*, 6(1), 11–20.
- Salim, M.I. (2022). Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier pada Kasus Tingkat Pengangguran Terbuka Di Sulawesi Selatan. *Jurnal Matematika dan Statistika serta Aplikasinya*, 10(2), 48–56.
- 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.
- Sugiasuti, R.H., Pratama, M. (2022). Dampak Buruk Pembangunan Tanpa Pemerataan: Kesenjangan Ekonomi Antar Wilayah di Indonesia. *Jurnal Administrasi Bisnis*, 16(1), 79–90.