

PEMODELAN DENGAN PENDEKATAN DERET FOURIER PADA KASUS TINGKAT PENGANGGURAN TERBUKA DI NUSA TENGGARA TIMUR

Narita Yuri Adrianingsih¹, Andrea Tri Rian Dani², Aliftha Ainurrochmah³

^{1,2,3}Institut Teknologi Sepuluh Nopember

email: naritayuria98@gmail.com¹, andrikadoko@gmail.com², aliftha.aaa@gmail.com³

Abstract

In regression analysis, there are three approaches, namely the parametric regression approach, the nonparametric regression approach, and the semiparametric approach. In the nonparametric regression approach developed are truncated spline, kernel, Fourier series, and wavelet. This study, which will be used is to use the Fourier series. The Fourier series produces sine and cosine curves with repeated data distribution. In estimating the Fourier series to determine the best model is to use Generalized Cross Validation (GCV) and the coefficient of determination (R^2). The application of the Fourier series nonparametric regression approach was carried out at the open unemployment rate in East Nusa Tenggara Province. The dependent variable is the open unemployment rate, and the independent variable is the number of poor people, the GRDP growth rate, and the college enrollment rate. The oscillations used were one to three oscillations, and the results obtained were the parsimony model with the optimal GCV with three oscillations and the R^2 value of 84.08%.

Keywords: *Fourier Series, Nonparametric Regression, Unemployment Rate.*

1. PENDAHULUAN

Metode yang banyak dikaji oleh peneliti-peneliti adalah analisis regresi. Pada umumnya, metode statistik yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara respon dengan satu atau lebih prediktor adalah analisis regresi. Dalam analisis regresi terdapat 3 pendekatan yaitu pendekatan regresi parametrik, nonparametrik, dan semiparametrik. Pendekatan yang saat ini sedang banyak dikaji oleh peneliti adalah pendekatan regresi nonparametrik, dikarenakan mempunyai kemampuan dalam mencari bentuk kurva yang tidak diketahui bentuknya. Kemampuan ini didukung oleh adanya parameter pada setiap jenis metode regresi nonparametrik yang membuat estimasi kurva regresi menjadi lebih fleksibel (Sudiarsa dkk., 2015). Yang telah dikembangkan oleh peneliti dalam pendekatan regresi nonparametrik adalah dengan menggunakan spline, polinomial lokal, kernel, deret Fourier, dan wavelet. Adapun keunggulan deret Fourier adalah dapat mengatasi data yang mempunyai sebaran sinus dan cosinus yang terdapat *trend* atau tidak terdapat *trend*. Pola data yang berulang sangatlah sesuai dengan pendekatan deret Fourier. Penelitian pertama mengenai deret Fourier dilakukan oleh Bilodeau (1992), kemudian dikembangkan oleh beberapa peneliti yaitu Tripena (2013), Asrini (2012) dan Saputro dkk. (2018).

Pada saat ini pengangguran sangatlah menjadi suatu masalah bagi negara berkembang, termasuk di Indonesia. Pengangguran merupakan masalah yang kompleks karena dipengaruhi dan mempengaruhi faktor-faktor yang saling berinteraksi (Muslim, 2014). Salah satunya pada saat ini populasi yang semakin meningkat sehingga banyak angkatan baru yang menganggur dikarenakan lapangan kerja yang terbatas. Pada Tahun 2017, jumlah penduduk di Indonesia sebanyak 264,6 juta jiwa. Laju pertumbuhan penduduk pertahun dari 2010-2017 adalah 1,34% seperti yang telah dipublikasikan oleh BPS (Badan Pusat Statistik) Tahun 2018. Hal ini merupakan beban bagi perekonomian di Indonesia seperti peningkatan pada tingkat pengangguran di Indonesia. Tingkat pengangguran terbuka (TPT) pada Tahun 2017 mencapai 5,50%. Jumlah penduduk di Nusa Tenggara Timur (NTT) mencapai 5,2 juta jiwa pada Tahun

2016 dan banyaknya pengangguran ada sekitar 76,6 ribu jiwa, sedangkan pada Tahun 2017 jumlah penduduknya adalah 5,3 juta jiwa dan banyaknya pengangguran ada sekitar 80,2 ribu jiwa. Adapun penelitian mengenai pemodelan pengangguran terbuka pernah dilakukan oleh Sari dan Budiantara (2012); Utama, dkk. (2015) dan Fadly, dkk. (2020) dengan pendekatan spline. Selanjutnya, peneliti tertarik untuk melakukan pemodelan TPT di Provinsi Nusa Tenggara Timur menggunakan pendekatan deret Fourier. Hal ini didasarkan pada pola sebaran data TPT di Provinsi Nusa Tenggara Timur terhadap beberapa faktor yang mempengaruhinya menyebar secara berulang.

2. KAJIAN LITERATUR

Kajian teori yang digunakan adalah analisis regresi, regresi nonparametrik deret Fourier, *Generalized Cross Validation* (GCV), dan Tingkat Pengangguran Terbuka.

2.1. Analisis Regresi

Analisis dalam statistika yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat adalah analisis regresi. Tujuan dari analisis regresi adalah untuk memperkirakan atau memprediksi suatu nilai dari variabel respon apabila variabel prediktor ditetapkan nilainya, dengan kata lain adalah mencari bentuk estimasi parameter yang sesuai dengan kurva regresi. Ada 3 pendekatan pemodelan pada analisis regresi diantaranya adalah pendekatan parametrik, nonparametrik, dan semiparametrik. Adapun model persamaan regresi secara umum adalah sebagai berikut:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i \quad (1)$$

dimana:

- y_i : variabel terikat
- $f(x_i)$: kurva regresi yang akan dihipotesiskan
- x_i : variabel bebas
- ε_i : *error* acak yang diasumsikan identik, independen, dan berdistribusi normal dengan *mean* nol dan varians σ^2

2.2. Regresi Nonparametrik Deret Fourier

Regresi nonparametrik merupakan suatu pendekatan regresi yang bentuk kurvanya tidak diketahui, biasanya dapat dilihat dengan menggunakan diagram pencar (*scatter plot*). Ada bermacam-macam estimator yang digunakan dalam pendekatan regresi nonparametrik diantaranya adalah spline, kernel, deret Fourier, dan wavelet.

Deret Fourier adalah fungsi polinomial trigonometri yang punya fleksibilitas yang tinggi dan kurvanya menunjukkan fungsi sinus dan cosinus. Deret Fourier ini merupakan salah satu estimator yang banyak dikaji oleh peneliti. Estimator deret Fourier yang digunakan adalah jumlahan dari suatu fungsi linier dan suatu fungsi polinomial trigonometri (Sudiarsa, 2015). Model regresi nonparametrik deret Fourier disajikan pada Persamaan 2:

$$y_i = \delta(x_i) + \varepsilon_i \quad (2)$$

$\delta(x_i)$ merupakan kurva fungsi regresi deret Fourier dengan x_i merupakan variabel bebas. Fungsi deret Fouriernya di tuliskan pada Persamaan 3:

$$\delta(x_i) = \frac{1}{2} \alpha_0 + \gamma x_i + \sum_{k=1}^K \alpha_k \cos kx_i \quad (3)$$

(Bilodeau, 1992).

2.3. *Generalized Cross Validation* (GCV) dan Koefisien Determinasi (R^2)

Estimator deret Fourier terbaik sangat bergantung pada pemilihan osilasi yang optimal. *Generalized Cross Validation* (GCV) merupakan cara untuk menentukan osilasi (K) yang optimal. Penentuan osilasi yang optimal akan cenderung menghasilkan nilai R^2 yang tinggi. Nilai GCV didapatkan sebagai berikut:

$$GCV(K_{opt}) = \frac{n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n^{-1} \text{trace}[\mathbf{I} - [\mathbf{A}(K)])]^2} \quad (4)$$

$$= \frac{n^{-1} [\bar{Y}^T (\mathbf{I} - [\mathbf{A}(K)])^T (\mathbf{I} - [\mathbf{A}(K)]) \bar{Y}]}{(n^{-1} \text{trace}[\mathbf{I} - [\mathbf{A}(K)])]^2}$$

Selain menggunakan GCV dapat juga ditentukan dengan koefisien determinasi (R^2) dengan rumus sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (5)$$

Model regresi nonparametrik dengan estimator deret Fourier yang terbaik didapatkan dari osilasi yang meminimumkan GCV dan memiliki koefisien determinasi terbesar.

2.4. Tingkat Pengangguran Terbuka dan Beberapa Faktor yang Mempengaruhinya

Pengangguran merupakan keadaan dimana seseorang digolongkan dalam angkatan kerja dan berusaha mendapatkan pekerjaan tetapi belum memperoleh pekerjaan (Arifin, 2020). Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) adalah persentase jumlah pengangguran di suatu daerah terhadap jumlah angkatan kerja di daerah tersebut. TPT dapat diperoleh berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$TPT = \frac{\text{Jumlah pengangguran}}{\text{Jumlah angkatan kerja}} \times 100\% \quad (6)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka menurut Khasanah (2018) ialah upah minimum Kabupaten/Kota, jumlah penduduk miskin, dan laju pertumbuhan ekonomi. Kemiskinan termasuk salah satu indikator penting dalam melihat keberhasilan pembangunan suatu daerah. Kemiskinan seringkali ditandai dengan tingginya tingkat pengangguran dan keterbelakangan, begitu pula sebaliknya. Badan Pusat Statistik (BPS) mengukur kemiskinan menggunakan pendekatan pengeluaran penduduk untuk memenuhi kebutuhan penduduk yaitu berdasarkan kebutuhan makanan dan non makanan. Penetapan seseorang masuk dalam kategori miskin atau tidak, dilakukan menggunakan garis kemiskinan dengan menghitung nilai uang dari harga kalori 2.100 kilokalori perkapita perhari ditambah dengan kebutuhan paling dasar dari non makanan. Penduduk yang berada pada garis kemiskinan disebut penduduk miskin. Garis kemiskinan dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$GK = GKM + GKNM \quad (7)$$

Dengan GKM merupakan Garis Kemiskinan Makanan dan GKNM adalah Garis Kemiskinan Non-Makanan.

Laju pertumbuhan ekonomi juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat pengangguran terbuka. Pertumbuhan ekonomi yang tinggi akan memiliki pengaruh pada penyerapan tenaga kerja yang artinya jumlah pengangguran akan mengalami pengurangan. Pertumbuhan ekonomi dapat dihitung berdasarkan nilai Produk Domestik Regional Bruto berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Laju pertumbuhan ekonomi} = \frac{PDRB_t - PRDB_{t-1}}{PRDB_{t-1}} \times 100\% \quad (10)$$

dengan:

$PDRB_t$: produk domestik regional bruto pada waktu ke- t

$PRDB_{t-1}$: produk domestik regional bruto sebelum waktu ke- t

(BPS, 2020)

Keberhasilan pembangunan suatu wilayah juga ditentukan oleh sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas. Pendidikan merupakan faktor yang dapat meningkatkan kualitas SDM tersebut, sehingga peningkatan mutu pendidikan harus. Seberapa banyaknya penduduk yang memanfaatkan fasilitas pendidikan dapat diketahui berdasarkan persentase penduduk menurut partisipasi sekolah dalam suatu wilayah atau angka partisipasi murni (APM).

Kemdikbud (2020) mendefinisikan APM sebagai perbandingan antara jumlah penduduk kelompok usia pada jenjang pendidikan tertentu dengan penduduk usia sekolah yang sesuai dan dinyatakan dalam persentase. Indikator APM perguruan tinggi digunakan untuk mengetahui banyaknya anak usia jenjang pendidikan perguruan tinggi yang merupakan mayoritas merupakan usia angkatan kerja. APM perguruan tinggi dapat diperoleh berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$APM = \frac{\text{Jumlah mahasiswa perguruan tinggi}}{\text{Jumlah penduduk usia perguruan tinggi}} \times 100\% \quad (11)$$

3. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

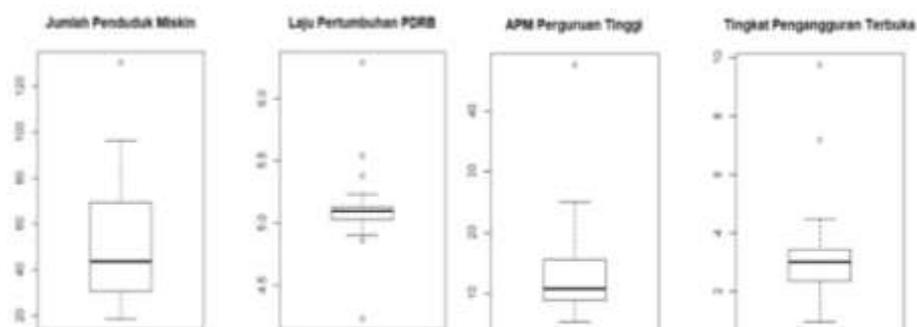
1. Menentukan data yang digunakan untuk penelitian, yaitu menggunakan data sekunder yang telah dipublikasikan oleh BPS tentang tingkat pengangguran terbuka di Provinsi Nusa Tenggara Timur pada Tahun 2019. Variabel yang diduga mempengaruhi adalah jumlah penduduk miskin, laju pertumbuhan PDRB, dan angka partisipasi murni perguruan tinggi.
2. Membuat diagram pencar untuk setiap variabel prediktor terhadap variabel respon.
3. Menentukan banyaknya osilasi yang akan dicobakan.
4. Melakukan estimasi menggunakan deret Fourier, kriteria kebaikan model didapatkan dari nilai GCV minimum dan nilai R^2 terbesar.
5. Membuat kesimpulan untuk model tingkat pengangguran terbuka di Provinsi NTT.

4. HASIL PENELITIAN

Pada bagian ini akan dibahas mengenai analisis dan pembahasan yang dilakukan:

4.1 Statistika Deskriptif

Sebelum dilakukan proses pemodelan dengan menggunakan estimator deret Fourier pada kasus Tingkat Pengangguran Terbuka Kabupaten/Kota di Nusa Tenggara Timur, maka pada bagian ini akan ditampilkan statistika deskriptif sebagai berikut:



Gambar 1. Box Plot Variabel Penelitian

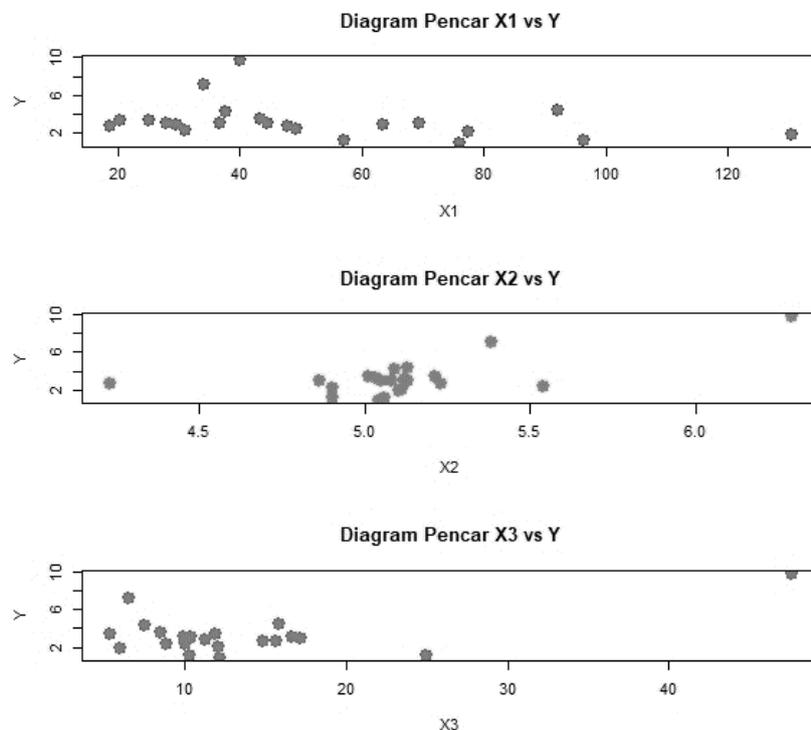
Lebih lengkapnya akan ditampilkan dalam Tabel 1:

Tabel 1. Statistika Deskriptif Variabel Penelitian

No	Variabel	Notasi	Minimum	Maksimum	Rata-rata
1	Jumlah Penduduk Miskin	X1	18,70	130,31	52,11
2	Laju Pertumbuhan PDRB	X2	4,23	6,29	5,12
3	APM Perguruan Tinggi	X3	5,35	47,60	13,32
4	Tingkat Pengangguran Terbuka	Y	0,95	9,78	3,27

Lebih lanjut, statistika deskriptif yang ditampilkan pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa Kabupaten/Kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur cenderung memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Kabupaten Manggarai Timur merupakan daerah yang memiliki tingkat pengangguran terbuka paling rendah dibandingkan yang lainnya, yaitu sebesar 0,95%, sedangkan Kota Kupang merupakan daerah yang memiliki persentase tingkat pengangguran terbuka paling tinggi yaitu sebesar 9,78%.

Selanjutnya hubungan variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor dapat dilihat dari diagram pencar. Hasil diagram pencar untuk masing-masing variabel respon terhadap variabel prediktor adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Pencar antara Variabel Prediktor terhadap Variabel Respon

Berdasarkan Gambar 2, terlihat pola hubungan antara Tingkat Pengangguran Terbuka (Y) terhadap ke tiga variabel prediktor yang digunakan (X_1 ; X_2 dan X_3). Dari diagram pencar, menunjukkan hubungan antara respon dan prediktor tidak membentuk suatu pola tertentu. Sehingga dengan pola data yang demikian, kurang tepat apabila didekati dengan menggunakan regresi parametrik.

Selanjutnya pola hubungan antara antara Tingkat Pengangguran Terbuka (Y) terhadap ke tiga variabel prediktor akan di dekati dengan model regresi nonparametrik. Estimator yang

digunakan pada penelitian ini adalah deret Fourier. Penelitian ini menggunakan estimator deret Fourier dimana akan dicobakan osilasi dari 1 sampai dengan 3. Banyaknya osilasi di sesuaikan dengan keadaan jumlah data. Selanjutnya kriteria kebaikan model di ukur dari nilai koefisien determinasi (R^2) dan yang meminimumkan GCV.

4.2 Pemodelan dengan Estimator Deret Fourier

Langkah awal yang dilakukan dalam proses pemodelan regresi nonparametrik dengan estimator deret Fourier adalah menentukan banyaknya osilasi. Osilasi akan disimbolkan dengan K, dimana nilai K merupakan bilangan bulat positif. Nilai K yang akan dicobakan dari 1 hingga 3. Selanjutnya dilakukan metode estimasi dengan *Ordinary Least Squares* (OLS). OLS adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan estimator dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat *error*.

Adapun hasil yang didapatkan dari proses pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka (Y) di Nusa Tenggara Timur adalah sebagai berikut:

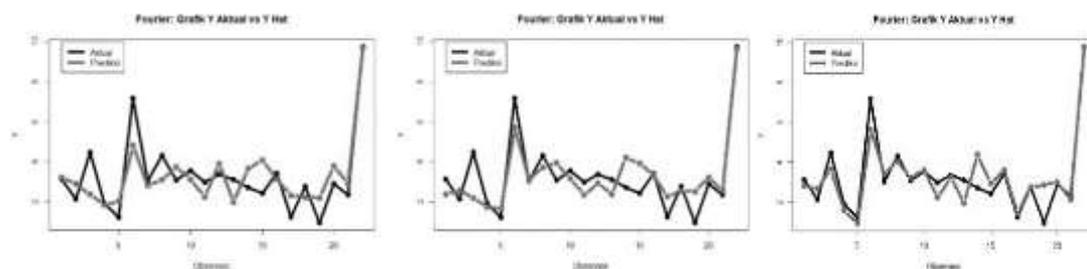
Tabel 2. Nilai GCV dan R^2 berdasarkan banyaknya osilasi

Nilai Q	GCV	Koefisien Determinasi
K=1	14,32	70,58%
K=2	5,15	76,17%
K=3	1,93	84,08%

Berdasarkan hasil analisis, nilai GCV minimum dan koefisien determinasi terbesar didapatkan saat banyaknya osilasi adalah 3. Banyaknya nilai K yang dicobakan sebenarnya bisa lebih dari 3, namun akan berdampak terhadap banyaknya parameter yang akan diestimasi dan model yang dihasilkan tidak parsimoni (sederhana). Berikut disajikan persamaan regresi nonparametrik deret Fourier dengan banyaknya osilasi adalah 3.

$$\hat{y} = -211,48 - 0,01x_{1i} - 0,58 \cos x_{1i} + \cos 2x_{1i} - 0,40 \cos 3x_{1i} + 46,63x_{2i} - 66,72 \cos x_{2i} + 7,37 \cos 2x_{2i} - 9,85 \cos 3x_{2i} - 0,04x_{3i} + 0,03 \cos x_{3i} + 0,51 \cos 2x_{3i} - 0,57 \cos 3x_{3i}$$

Didapatkan nilai R^2 sebesar 84,08%. Disajikan visualisasi nilai y dengan \hat{y} dari setiap



kemungkinan osilasi yang dicobakan:

(a)

(b)

(c)

Gambar 3. Visualisasi nilai y dan \hat{y} dari (a) Osilasi 1; (b) Osilasi 2 dan (c) Osilasi 3

Model regresi nonparametrik dengan estimator deret Fourier dapat digunakan untuk memprediksi suatu nilai dari variabel respon berdasarkan variabel prediktor. Adapun visualisasi antara y dengan \hat{y} dari model regresi nonparametrik estimator deret Fourier 3 Osilasi ditampilkan pada Gambar 5c.

Berdasarkan gambar diatas, diketahui bahwa hasil prediksi dengan menggunakan model regresi nonparametrik dengan estimator deret Fourier cenderung mengikuti pola data aktual,

yang artinya model yang dibangun ini bisa dijadikan pertimbangan guna mengambil keputusan di masa yang akan datang.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa, pada pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka untuk Provinsi Nusa Tenggara Timur menggunakan pendekatan regresi nonparametrik dengan estimator deret fourier dengan osilasi yang optimal adalah tiga osilasi dan menghasilkan koefisien determinasi 84,08%. Model yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$\hat{y} = -211,48 - 0,01x_{1i} - 0,58 \cos x_{1i} + \cos 2x_{1i} - 0,40 \cos 3x_{1i} + 46,63x_{2i} - 66,72 \cos x_{2i} + 7,37 \cos 2x_{2i} - 9,85 \cos 3x_{2i} - 0,04x_{3i} + 0,03 \cos x_{3i} + 0,51 \cos 2x_{3i} - 0,57 \cos 3x_{3i}$$

6. REFERENSI

- Arifin, S., Soesatyo, Y., *Pertumbuhan Ekonomi: Tingkat Pengangguran, dan Konsumsi dalam Bingkai Kesejahteraan Masyarakat*, CV. Pena Persada, Banyumas, 2020.
- Asrini, L. J., Regresi Parametrik Deret Fourier, *Prosiding Seminar Nasional FMIPA Universitas Negeri Surabaya*, (2012), 77-80.
- Badan Pusat Statistik, *Analisis Kemiskinan, Ketenagakerjaan, dan Distribusi Pendapatan*, Jakarta, 2016.
- Badan Pusat Statistik, *Statistik Indonesia 2018*, Badan Pusat Statistik, 2018.
- Badan Pusat Statistik (BPS), *Laju Pertumbuhan Ekonomi PDB/PDRB*, Available: [<https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/indikator/3>], 2020.
- Badan Pusat Statistik (BPS), *Tingkat Pengangguran Terbuka*, Available: [<https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/indikator/44>], 2020.
- Badan Pusat Statistik (BPS), *Garis Kemiskinan*, Available: [<https://www.bps.go.id/subject/23/kemiskinan-dan-ketimpangan.html>], 2020.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, *Angka Partisipasi Murni* Available: [<http://apkpm.data.kemdikbud.go.id/html>], 2020.
- Khasanah, Y. T., Hanim, A., & Suswandi, P. E., Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengangguran Terbuka di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2009-2014, *E-journal Ekonomi dan Bisnis Akutansi*, 1, (2018), 21-25.
- Bilodeau, M., Fourier Smoother and Additive Models, *The Canadian Journal of Statistics*, 3, (1992), 257-269.
- Fadly, F., Mughni, M., & Adnan, A., Pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka di Pulau Sumatera dengan Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline, *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 6, (2020), 133-144.
- Muslim, M. R., Pengangguran Terbuka dan Determinannya. *Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan*, 15, (2014), 171-181.

- Sari, R. S. & Budiantara, I. N., Pemodelan Pengangguran Terbuka di Jawa Timur dengan Menggunakan Pendekatan Regresi Spline Multivariabel, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1, (2012), 236-241.
- Saputro, D. R. S, Sukmayanti, A., & Widyaningsih, P., The Nonparametric Regression Model Using Fourier Series Approximation and Penalized Least Squares (PLS) (Case on Data Poverty in East Java, *IOP Conf. Series: Journal of Physics*, 2018.
- Sudiarsa, I. W., Budiantara, I. N., & Purnami, S. W., Combined Estimator Fourier Series and Spline Truncated in Multivariable Nonparametric Regression, *Applied Mathematical Science*, 9, (2015), 4997-5010.
- Tripena, A., Estimator Deret Fourier untuk Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik Birespon, *Magistra*, (2013), 6-15.
- Utama, S. S., Suparti, & Rahmawati, R., Pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka di Jawa Tengah menggunakan Regresi Spline, *Jurnal Gaussian*, 4, (2015), 113-122.