

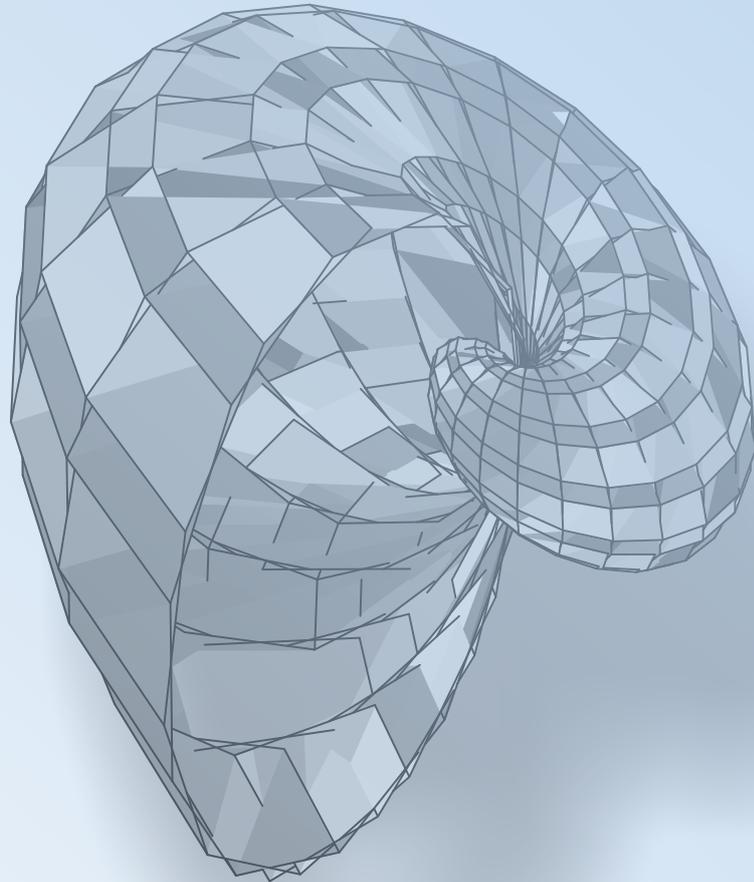
# PROSIDING



## Seminar Nasional MATEMATIKA

VOL. 13 TH. 2018

ISSN 1907-3909



**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS**  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCE  
Jalan Ciumbuleuit 94, Bandung 40141, Indonesia



# Seminar Nasional MATEMATIKA

**VOL. 13 TH. 2018**

**ISSN 1907-3909**

## *REVIEWERS*

Dr. J. Dharma Lesmono

Farah Kristiani, MSi

Dr. Ferry Jaya Permana, ASAI

Iwan Sugiarto, MSi

Dr. Benny Yong

Liem Chin, MSi

Dr. Erwinna Chendra

Livia Owen, MSi

Taufik Limansyah, SSI, MT

Agus Sukmana, MSc

Alamat Redaksi:  
Jurusan Matematika, FTIS - UNPAR  
Gedung 9, Lantai 1  
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung - 40141

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselenggaranya Seminar Nasional Matematika Unpar 2018. Seminar ini merupakan kegiatan rutin tahunan yang diselenggarakan oleh Jurusan Matematika, Universitas Katolik Parahyangan, yang dimulai sejak tahun 2005 dan tahun ini merupakan tahun ke-14 penyelenggaraannya. Seminar Nasional Matematika UNPAR ini merupakan wadah pertemuan ilmiah antara matematikawan, guru, peneliti, dan praktisi yang tidak hanya terbatas di bidang matematika saja, melainkan juga di penerapan matematika dalam berbagai bidang ilmu, antara lain dunia bisnis, ekonomi, aktuarial, informatika, sains, dan bidang-bidang yang lain.

Seminar tahun ini mengambil tema “PERAN MATEMATIKA DALAM MENCAPAI *SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS* (SDGs)”. SDGs merupakan kumpulan dari 17 tujuan yang ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa di tahun 2015 seiring dengan berakhirnya *Millenium Development Goals* (MDGs). Pemilihan tema ini dilatarbelakangi oleh peran matematika yang dirasakan penting dalam ikut membantu memecahkan isu-isu pembangunan di bidang sosial dan ekonomi dengan berbagai target seperti kesehatan, pendidikan, energi, air dan keadilan sosial yang tercakup di dalam SDGs.

Seminar kali ini mengundang tiga orang pembicara dari kalangan akademisi, praktisi dan pihak regulator yang akan berbagi pengalaman, gagasan dan pikiran di dalam dunia mereka yang terkait dengan matematika. Pada sesi paralel, juga akan dipresentasikan makalah yang merupakan hasil karya dosen, peneliti, dan mahasiswa dari berbagai instansi di tanah air.

Kami atas nama panitia Seminar Nasional Matematika Unpar 2018 mengucapkan terima kasih atas partisipasinya, semoga kegiatan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Bandung, September 2018  
Ketua Panitia

Dr. J. Dharma Lesmono

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar	...i
Daftar Isi	...iii-iv
KONVERS TEOREMA RADEMACHER UNTUK FUNGSI LIPSCHITZ DARI REAL KE REAL <i>Garry Ariel dan Ch. Rini Indrati – Universitas Gadjah Mada</i>	...1-6
PROSES BERPIKIR MAHASISWA DALAM MEMECAHKAN MASALAH FUNGSI TRIGONOMETRI BERDASARKAN LANGKAH POLYA DITINJAU DARI KEMAMPUAN MATEMATIKA <i>Yohanes Ovaritus Jagom – Universitas Katolik Widya Mandira Kupang</i>	...7-11
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MAHASISWA DALAM PEMECAHAN MASALAH MATEMATIKA PADA MATERI TRIGONOMETRI <i>Meryani Lakapu – Universitas Katolik Widya Mandira Kupang</i>	...12-18
MODEL KEMISKINAN PADA LEVEL DESA DI PROVINSI BENGKULU MENGGUNAKAN REGRESI PENALIZED SPLINE <i>Idhia Sriliana, Ulfasari Rafflesia, dan Etis Sunandi – Universitas Bengkulu</i>	...19-25
KARAKTERISTIK MATRIKS DALAM NEAR-MATRIKS RING PADA PEMBENTUKAN INTEGRAL-NEAR RING <i>Zulfia Memi Mayasari – Universitas Bengkulu</i>	...26-30
PEMETAAN NILAI-NILAI DEPENDENSI PADA ANALISIS KORESPONDENSI MENGGUNAKAN TUCKER2 <i>Karunia Eka Lestari dan Sapto Wahyu Indratno – Institut Teknologi Bandung</i>	...31-37
KESTABILAN PARSIAL UNTUK SISTEM KONTROL LINEAR <i>Firman – Universitas Hasanuddin</i>	...38-42
SCAFFOLDING UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN LOGARITMA SISWA DITINJAU DARI TEORI APOS <i>Wilfridus Beda Nuba Dosinaeng – Universitas Widya Mandira Kupang</i>	...43-50
ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK DENGAN BAGAN KENDALI LANNEY $p$ PADA PRODUKSI AIR MINUM <i>Irmina Veronika Uskono dan Yohanes Ovaritus Jagom – Universitas Katolik Widya Mandira</i>	...51-54

<p>OPTIMALISASI PARAMETER HOLT-WINTER EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD (Studi Kasus Peningkatan Kendaraan Bermotor Yang Memasuki Wilayah DIY) <i>Endang Wahyuni dan Sugiyarto – Universitas Ahmad Dahlan</i></p>	...55-62
<p>PENERAPAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING UNTUK MENYELESAIKAN ASYMMETRIC TRAVELLING SALESMAN PROBLEM <i>Citra Nur Alpianty dan J. Dharma Lesmono – Universitas Katolik Parahyangan</i></p>	...63-69
<p>PENERAPAN STATISTICAL ARBITRAGE UNTUK MELAKUKAN PAIRS TRADING DI INDONESIA <i>Jessica Sutanto, Helena Margaretha, dan Dina Stefani – Universitas Pelita Harapan</i></p>	...70-77
<p>MODEL ANTRIAN G/G/1 DAN APLIKASINYA PADA ANTRIAN KEDATANGAN PENERBANGAN DI LANDASAN PACU BANDARA <i>Christophorus I. S. dan J. Dharma Lesmono – Universitas Katolik Parahyangan</i></p>	...78-85
<p>STUDI KASUS PULANG POKOK TERHADAP WIRAUSAHA YANG TERKAIT TRUK DAN PICKUP DENGAN MENGGUNAKAN METODE BAGI DUA (BISECTION) <i>Retna Widyaningsih, Jeverson Peri Maran, Philomena Theresia, dan Nggowa Dapa – Universitas Sanata Dharma Yogyakarta</i></p>	...86-93
<p>UPAYA MENINGKATKAN KEMAMPUAN MATEMATIKA SISWA SEKOLAH DASAR MELALUI PEMBERDAYAAN IBU <i>Iwan Sugiarto – Universitas Katolik Parahyangan</i></p>	...94-98
<p>PENGUNAAN FUNGSI OBJEKTIF TUKEY BISQUARE DALAM MENGATASI KEBERADAAN DATA EXTREME OUTLIER DENGAN METODE ROBUST MM <i>Georgina Maria Tinungki – Universitas Hasanuddin Makassar</i></p>	...99-106
<p>ANALISIS RISIKO RELATIF PENYAKIT DENGUE DI KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN MODEL NON-SPASIAL DAN SPASIAL <i>Grace Ivana, Farah Kristiani, dan Benny Yong – Universitas Katolik Parahyangan</i></p>	...107-114

# MODEL KEMISKINAN PADA LEVEL DESA DI PROVINSI BENGKULU MENGGUNAKAN REGRESI *PENALIZED SPLINE*

Idhia Sriliana<sup>1</sup>, Ulfasari Rafflesia<sup>2</sup>, dan Etis Sunandi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Matematika FMIPA Universitas Bengkulu  
email : <sup>1</sup>idhiasriliana@unib.ac.id, <sup>2</sup>ulfasari@unib.ac.id, <sup>3</sup>esunandi@unib.ac.id

**Abstrak.** Kemiskinan masih merupakan permasalahan serius yang sedang dihadapi oleh pemerintah. Pemerintah terus berupaya untuk menurunkan angka kemiskinan di Indonesia. Propinsi Bengkulu termasuk salah satu propinsi termiskin di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan kemiskinan di Propinsi Bengkulu pada level desa berdasarkan rata-rata pengeluaran perkapita dengan metode regresi *penalized spline*. Regresi *penalized spline* digunakan untuk mengestimasi data yang tidak memiliki pola tertentu sehingga dapat terhindar dari masalah *overfitting*. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari BPS Provinsi Bengkulu (Data Susenas dan Podes 2014) dengan variabel prediktor berupa jumlah penerima Jamkesmas dan jumlah SKTM. Hasil analisis menunjukkan model spline terbaik untuk memodelkan kemiskinan pada level desa di Provinsi Bengkulu adalah model *penalized spline* linier dengan beberapa titik knot. Model ini mempunyai nilai GCV untuk masing-masing prediktor sebesar 150842211236 dan 147538752605.

**Kata kunci :** *Provinsi Bengkulu, Model, Kemiskinan, Regresi Penalized Spline*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang dengan angka kemiskinan yang cukup tinggi. Angka kemiskinan di Indonesia sendiri mencapai hampir 12% persen dari keseluruhan penduduk di Indonesia. Angka kemiskinan Indonesia pada September 2017 lalu berada di level 10,12 persen dengan jumlah absolut sebesar 26,58 juta jiwa. Pemerintah pusat menargetkan presentase kemiskinan pada tahun 2018 berada di kisaran 9,5 – 10 persen.

Provinsi Bengkulu merupakan salah satu propinsi termiskin di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) pada September 2017, Provinsi Bengkulu berada pada peringkat kedua termiskin di Sumatera, jumlah penduduk miskin (penduduk dengan pengeluaran per kapita per bulan di bawah Garis Kemiskinan) di Provinsi Bengkulu mencapai 302.620 orang (15,59 persen), turun sebesar 22.980 orang dibandingkan dengan kondisi September 2016 yang sebesar 325.600 orang (17,03 persen) [1].

Pemerintah terus berupaya untuk menurunkan angka kemiskinan di Indonesia. Banyak program yang telah dilakukan oleh pemerintah untuk mengatasi problem kemiskinan, salah satunya yaitu perluasan terhadap penerima keluarga manfaat program keluarga harapan (PKH). Perluasan program ini dinilai efektif dan mampu menurunkan angka kemiskinan di Indonesia. Namun, hal tersebut tidak cukup banyak memberikan dampak yang berarti terhadap pengentasan kemiskinan di Indonesia. Hal ini disebabkan keterbatasan dana, ataupun program yang dijalankan tidak tepat sasaran. Oleh karena itu, diperlukan bentuk model yang tepat yang akan memperlihatkan faktor-faktor yang berpengaruh besar terhadap kemiskinan di Indonesia, agar pemerintah dapat memilih program yang cocok dalam pengentasan kemiskinan.

Metode Regresi *penalized spline* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan pemodelan kemiskinan. Metode ini merupakan metode nonparametrik yang sangat baik dalam memodelkan data yang memiliki pola yang berubah-ubah pada sub-sub interval tertentu dengan cara membagi kurva secara tersegmen. Regresi *penalized spline* mampu

mengestimasi data yang tidak memiliki pola tertentu dan mengontrol sifat *smooth* pada kurva regresi sehingga terhindar dari masalah *overfitting*. Model regresi *penalized spline* mempunyai interpretasi statistik dan interpretasi visual yang sangat baik untuk digeneralisasikan pada pemodelan statistika yang kompleks dan rumit [2].

Sudah banyak penelitian yang dilakukan oleh peneliti yang berhubungan dengan topik kemiskinan. Sunandi [3] melakukan penelitian tentang pendugaan tingkat kemiskinan pada level desa di Propinsi Bengkulu menggunakan SAE dengan model Logit Normal. Sriliana [4] telah melakukan penelitian dengan melakukan pemodelan kemiskinan di Provinsi Bengkulu menggunakan *small area estimation* dengan pendekatan semiparametrik *penalized spline*. Widyowati [5] melakukan pemodelan persentase kemiskinan di Jawa Timur dengan pendekatan regresi nonparametrik aditif berdasarkan estimator *penalized spline*, Merdekawati dan Budiantara [6] melakukan pemodelan regresi *spline truncated* multivariabel pada faktor-faktor yang mempengaruhi kemiskinan di Provinsi Jawa Tengah.

Pada penelitian ini, dilakukan pendugaan parameter model dengan menggunakan regresi *penalized spline* untuk memodelkan kemiskinan pada level desa di Provinsi Bengkulu berdasarkan rata-rata pengeluaran perkapita dengan beberapa variabel indikator kemiskinan yaitu berupa pengeluaran perkapita, jumlah penerima jaminan kesehatan masyarakat (Jamkesmas) dan jumlah penerima surat keterangan tidak mampu (SKTM). Evaluasi hasil pendugaan dilakukan melihat nilai GCV optimum dan MSE pada model.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. KEMISKINAN

Kemiskinan berasal dari kata miskin mendapat awalan ke dan akhiran an menjadi kemiskinan. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Baru [7], miskin artinya adalah tidak berharta benda, serba kekurangan, papa, sangat melarat. Dalam bahasa Inggris, miskin sebagai *poor* atau dapat diartikan sebagai *having a money few possession; not having enough money for the basic things that people need to live properly*, yang diartikan tidak memiliki cukup uang untuk hal-hal dasar bahwa orang perlu untuk hidup dengan benar. Dua bentuk kausal dalam menafsirkan kata miskin, yaitu: (i) miskin memiliki jumlah yang sangat kecil dari sesuatu; dan (ii) miskin sebagai tidak baik dalam segi kualitas maupun kondisi [8].

Pendapat lain dikemukakan oleh Gonner, 2007, bahwa kemiskinan dimaknai sebagai ”kurangnya kesejahteraan” dan ”kesejahteraan sebagai kurangnya kemiskinan”. Artinya kemiskinan diterjemahkan sebagai menurunnya kesejahteraan. Keduanya saling terkait dan memandang masalah yang sama dari dua dimensi yang berbeda. Definisi yang luas dari kemiskinan ini adalah ”kurangnya kesejahteraan”, dimana ada saling tukar dalam konsep ini [9]. Misalnya apabila masyarakat sangat kurang sejahtera, berarti masyarakat miskin. Disisi lain, apabila mereka berada dalam kondisi yang sangat sejahtera, maka hidupnya ditandai dengan kemakmuran, kebahagiaan dan kepuasan [10].

Dilain pihak ada beberapa indikator, yang secara agregat mendefinisikan kemiskinan dari berbagai versi yang beragam. Adapun menurut Badan Pusat Statistik (BPS), kemiskinan didefinisikan sebagai keadaan atau kondisi kurang sejahtera yang dihitung dalam Rp (Rupiah) per kapita per bulan Disisi yang lain, Kebutuhan Fisik Minimum (KFM) sebagai tolok ukur definisi kemiskinan diterjemahkan sebagai kondisi kurang akibat kebutuhan hidup (makanan, minuman, pakaian, rumah) selama satu bulan berdasarkan jumlah kalori, protein, vitamin dan bahan mineral lainnya yang diperlukan untuk hidup layak untuk seorang pekerja. Kebutuhan konsumsi harus memenuhi 2100 kalori per hari (kelompok makanan) ditambah dengan kebutuhan (bukan makanan) minimal lainnya yang mencakup perumahan, pakaian, kesehatan dan pendidikan.

## 2.2. REGRESI NONPARAMETRIK

Regresi nonparametrik merupakan suatu metode statistika yang digunakan untuk mengetahui bentuk hubungan antara variabel respon dan prediktor dimana bentuk fungsi antara variabel respon dan prediktor tidak diketahui. Misalkan terdapat data  $(y_i, x_i)$  dimana  $x_i$  adalah variabel prediktor univariat, secara umum model regresi nonparametrik dapat dinyatakan sebagai [11]:

$$Y_i = m(X_i) + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

Fungsi  $m(\cdot)$  merupakan fungsi regresi yang tidak diketahui bentuknya dan diasumsikan *smooth* (mulus) diasumsikan mulus dengan  $\varepsilon_i$  independen dan berdistribusi normal dengan *mean nol* dan varian  $\sigma^2$ .

## 2.3. REGRESI PENALIZED SPLINE

Regresi *Penalized Spline* adalah suatu metode *smoothing* yang sangat menarik karena mempunyai sifat sederhana. Fungsi  $m(\cdot)$  diasumsikan tidak diketahui tetapi dapat didekati dengan *penalized spline* [12]:

$$m(x; \boldsymbol{\beta}) = \beta_0 + \beta_1 x + \dots + \beta_p x^p + \sum_{k=1}^K \beta_{p+k} (x - \kappa_k)_+^p \quad (2)$$

dimana  $p \geq 1$  adalah bilangan bulat yang merupakan orde fungsi spline,  $\kappa_1 < \dots < \kappa_K$  adalah himpunan dari  $K$  knots (*fixed*) dan  $\boldsymbol{\beta} = (\beta_0, \dots, \beta_p, \beta_{p+1}, \dots, \beta_{p+K})^T$  merupakan koefisien vektor dari parameter yang tidak diketahui.  $(\beta_{p+1}, \beta_{p+2}, \dots, \beta_{p+K})^T$  adalah vektor koefisien spline. Fungsi  $m(\cdot)$  besar ketika  $K$  sangat besar sehingga fungsi penghalusnya mempunyai derajat akurasi yang tinggi.

Fungsi spline pada (2) menggunakan basis *Polynomial splines truncated*  $\{1, x, \dots, x^p, (x - \kappa_1)_+^p, \dots, (x - \kappa_K)_+^p\}$  untuk memprediksi fungsi  $m(\cdot)$ . Basis yang lain juga memungkinkan, khususnya ketika  $x$  adalah kasus multivariat. Dengan adanya pemilihan fungsi basis, fungsi spline dapat diekspresikan sebagai suatu kombinasi linear dari fungsi basis. Selain itu model spline dapat diekspresikan sebagai model parametrik. sehingga dari persamaan (2) identik dengan:

$$m(x, \boldsymbol{\beta}) = x^* \boldsymbol{\beta} \quad (3)$$

dimana  $x^* = \{1, x, \dots, x^p, (x - \kappa_1)_+^p, \dots, (x - \kappa_K)_+^p\}$  dan  $\boldsymbol{\beta} = (\beta_0, \dots, \beta_{p+K})^T$

Misalkan  $(X_i, Y_i), i = 1, 2, \dots, n$  merupakan sekumpulan data, dengan menggunakan metode *least square* umum dan ditetapkan suatu parameter  $\lambda$ , persamaan (3) dapat diselesaikan dengan mendefinisikan estimator parameter regresi sebagai nilai minimum dari  $\beta$  pada:

$$\min_{\boldsymbol{\beta}} \sum_{i=1}^n (Y_i - m(x; \boldsymbol{\beta}))^2 + \lambda \sum_{k=1}^K \beta_{p+k}^2 \quad (4)$$

dimana  $\lambda$  adalah parameter penghalus atau *penalty (fixed)*.

Sehingga melalui perhitungan matematis sederhana pada persamaan (4), diperoleh penduga parameter  $\hat{\boldsymbol{\beta}}(\lambda)$  sebagai berikut:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}(\lambda) = (\mathbf{X}^T \mathbf{X} + \lambda \mathbf{D})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y}$$

dimana  $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)^T$ ,  $\mathbf{X} = (1, X_i, \dots, X_i^p, (X_i - \kappa_1)_+^p, \dots, (X_i - \kappa_K)_+^p)$ , dan  $\mathbf{D}$  matriks diagonal dengan elemen diagonal pertama sampai diagonal ke  $(p+1)$  bernilai 0 dan elemen diagonal lainnya bernilai 1.

Jika diberikan suatu fungsi  $m(\cdot)$  untuk variabel  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_j)^T$ , model aditif untuk model regresi nonparametrik pada persamaan (1) merupakan fungsi aditif yang didefinisikan sebagai:

$$m(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^J m_j(x_j) \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (5)$$

Koefisien parameter dari model aditif basis fungsi dapat diestimasi menggunakan *penalized least square*, fungsi aditif pada persamaan (5) dapat diestimasi oleh [12]:

$$\hat{m}_j(x_j) = \sum_{l=1}^p \hat{\beta}_{lj} x_j^l + \sum_{k=1}^K \hat{\beta}_{kj} (x_j - \kappa_{kj})_+^p$$

dimana  $\hat{\beta}_{lj}$  adalah estimasi parameter untuk  $x_j^l$ .

Parameter penghalus ( $\lambda$ ) merupakan pengontrol keseimbangan antara kemulusan kurva regresi dan kesesuaian fungsi terhadap data. Jika  $\lambda$  besar maka estimasi fungsi yang diperoleh akan semakin mulus, sedangkan jika  $\lambda$  kecil maka estimasi fungsi yang diperoleh akan semakin besar atau fungsi-fungsi menjadi semakin fluktuatif. Salah satu metode yang digunakan untuk mendapatkan  $\lambda$  optimal adalah *Generalized Cross Validation* (GCV) yang didefinisikan sebagai berikut [13]:

$$GCV(\lambda) = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - m(X_i; \hat{\boldsymbol{\beta}}(\lambda)))^2}{n [1 - n^{-1} \text{tr}(\mathbf{S}(\lambda))]^2} = \left( \frac{MSE(\lambda)}{(n^{-1} \text{tr}[I - \mathbf{S}(\lambda)])} \right)^2 \quad (8)$$

$\mathbf{S}(\lambda)$  merupakan matriks penghalus dimana  $\mathbf{S}(\lambda) = \mathbf{X}(\lambda) [\mathbf{X}(\lambda)^T \mathbf{X}(\lambda) + \lambda \mathbf{D}]^{-1} \mathbf{X}(\lambda)^T$  dengan  $\mathbf{X}(\lambda)$  merupakan matriks fungsi potongan *spline*,  $m(X_i; \hat{\boldsymbol{\beta}}(\lambda))$  merupakan estimasi fungsi.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika Provinsi Bengkulu (Data Susenas dan Podes 2014). Objek penelitian adalah desa yang menjadi sampel pada Susenas 2014 di Provinsi Bengkulu. Berdasarkan Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) 2014, terdapat 502 desa di 113 kecamatan yang menjadi sampel dalam pendugaan rata-rata pengeluaran perkapita level desa di Provinsi Bengkulu. Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian meliputi: rata-rata pengeluaran perkapita sebagai variabel respon ( $Y$ ), sedangkan variabel prediktornya adalah jumlah Jamkesmas ( $X_1$ ), jumlah SKTM ( $X_2$ ).

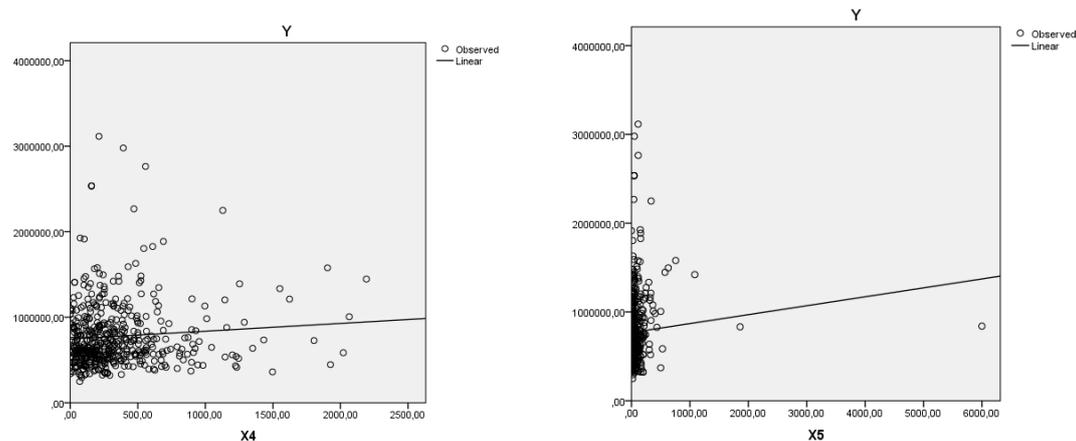
Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah

1. Membuat *scatter plot* antara variabel respon ( $Y$ ) dengan masing-masing variabel prediktor ( $X$ ) untuk melihat pola data.
2. Memodelkan kemiskinan pada level desa di Provinsi Bengkulu dengan menggunakan regresi *penalized spline* dengan langkah sebagai berikut:
  - a. Menentukan orde polynomial, jumlah knot optimal, dan parameter penghalus optimal berdasarkan kriteria GCV untuk masing-masing variabel prediktor.
  - b. Menghitung  $\hat{\beta}_j$  untuk satu prediktor.
  - c. Mengestimasi fungsi regresi satu prediktor serta menghitung nilai MSEnya.
  - d. Menghitung  $\hat{\beta}_j$  untuk multiprediktor.
  - e. Mengestimasi fungsi regresi multiprediktor menggunakan model aditif *penalized spline*.
3. Evaluasi model dengan menghitung nilai MSE pada model.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembentukan model hubungan antara rata-rata pengeluaran perkapita sebagai indikator kemiskinan dengan masing-masing variabel prediktor dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu membuat *scatter plot* antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor, menentukan parameter penghalus optimal berdasarkan kriteria GCV, dan memodelkan rata-rata pengeluaran perkapita dengan masing-masing variabel prediktor menggunakan parameter penghalus optimum.

Pola hubungan antara rata-rata pengeluaran perkapita sebagai variabel respon dengan setiap variabel prediktor yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat melalui *scatterplot* pada Gambar 1.



Gambar 1. *Scatter Plot* antara Variabel Respon dengan Variabel Prediktor

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui pola hubungan antara rata-rata pengeluaran perkapita ( $Y$ ) dengan dua variabel prediktor yang digunakan dalam penelitian yaitu jumlah penerima jamkesmas ( $X_1$ ) dan jumlah SKTM (Surat Keterangan Tidak Mampu) ( $X_2$ ). Hasil *scatterplot* menunjukkan semua variabel prediktor mempunyai pola hubungan tidak linier terhadap variabel respon dimana persebaran datanya membentuk lengkungan yang tidak baaraturan sehingga kurva lebih tepat jika didekati dengan model nonparametrik yaitu regresi *penalized spline*.

Selain membuat *scatter plot* untuk mengetahui bentuk kurva regresi, dilakukan juga uji linieritas untuk melihat pola hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor. Hasil uji linieritas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Korelasi antara Variabel Respon dengan Variabel Prediktor

Variabel	Signifikansi	Pola Sebaran Data
Y Vs X <sub>1</sub>	0,057	acak dan tidak beraturan
Y Vs X <sub>2</sub>	0,048	acak dan tidak beraturan

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kedua variabel prediktor yang diasumsikan mempengaruhi kemiskinan di Provinsi Bengkulu memiliki kurva regresi yang bentuknya tidak diketahui atau bersifat acak dan tidak beraturan sehingga semua variabel prediktor dapat digunakan untuk pembentukan model kemiskinan di Provinsi Bengkulu berdasarkan rata-rata pengeluaran perkapita dapat dilakukan dengan menggunakan metode nonparametrik regresi *penalized spline*.

Selanjutnya pada tahapan kedua, dilakukan pemilihan parameter penghalus optimal dan kemudian digunakan untuk mengestimasi model regresi *penalized spline* untuk satu variabel prediktor terhadap variabel respon. Berdasarkan hasil analisis data menggunakan program R diperoleh parameter penghalus optimum untuk ke-2 prediktor sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter Penghalus Optimum

Variabel Prediktor	Parameter Penghalus Optimum			
	Orde	Jumlah Knot	Titik Knot	GCV
X <sub>1</sub>	1	2	157; 358	150842211236
X <sub>2</sub>	1	15	4; 7; 12; 15,5; 20; 25; 30; 35; 4,375; 50; 60; 80; 112,875; 150; 210,625	147538752605

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa parameter penghalus optimum dengan GCV minimum terdapat pada fungsi spline orde 1 atau disebut sebagai model *penalized spline* linier. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi *penalized spline* yang digunakan untuk memodelkan kemiskinan pada level desa di Provinsi Bengkulu berdasarkan rata-rata pengeluaran perkapita diperoleh dari model *penalized spline* linier dengan maksimum 15 titik knot.

Setelah diketahui lokasi titik knot dan model *penalized spline* dengan GCV Optimum, langkah selanjutnya adalah mengestimasi parameter model. Estimasi parameter  $\beta$  dengan memaksimalkan fungsi *likelihood* atau *log likelihoodnya*. Hasil estimasi parameter  $\beta$  untuk model *penalized spline* terbaik adalah:

$$\beta_1^T = (-60758,74; 358,92; -262,61; -149,26)$$

$$\beta_2^T = \begin{pmatrix} 715730,73; 1047,25; 1,41; 2,16; -12,27; -40,22; -35,03; -5,48; -0,87; \\ -18,66; -67,01; -68,59; -65,75; -49,37; -75,93; -258,26; -359,39 \end{pmatrix}$$

Sehingga diperoleh model *penalized spline* untuk rata-rata pengeluaran perkapita dalam menduga kemiskinan pada level desa di Provinsi Bengkulu tahun 2014 sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 654971,99 + 358,92X_1 + 1047,25X_2 - 262,61(X_1 - 157)_+ - 149,26(X_1 - 358)_+ + 1,41(X_2 - 4)_+ + 2,16(X_2 - 7)_+ - 12,27(X_2 - 12)_+ - 40,22(X_2 - 15,5)_+ - 35,03(X_2 - 20)_+ - 5,48(X_2 - 25)_+ - 0,87(X_2 - 30)_+ - 18,66(X_2 - 35)_+ - 67,01(X_2 - 44,375)_+ - 68,59(X_2 - 50)_+ - 65,75(X_2 - 60)_+ - 49,37(X_2 - 80)_+ - 75,93(X_2 - 112,875)_+ - 258,26(X_2 - 150)_+ - 359,39(X_2 - 210,625)_+$$

Model kemiskinan pada level desa di Provinsi Bengkulu ini memiliki nilai MSE sebesar 1.44641370485 dan nilai GCV untuk masing-masing prediktor sebesar 150842211236 dan 147538752605. Nilai parameter penghalus ( $\lambda$ ) untuk prediktor  $X_1$  dan  $X_2$  secara berturut-turut adalah 79660 dan 1000000.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa regresi *penalized spline* dapat digunakan untuk memodelkan kemiskinan pada level desa di Provinsi Bengkulu. Hasil analisis data menunjukkan model nonparametrik *penalized spline* terbaik untuk pendugaan kemiskinan adalah model *P-spline* linier dengan maksimum 15 knot. Model ini mempunyai nilai GCV untuk masing-masing prediktor sebesar 150842211236 dan 147538752605.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kemenristekdikti yang telah mendanai penelitian ini dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Bengkulu sebagai institusi penyelenggara penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistika Propinsi Bengkulu. (2018). *Berita Resmi Statistik - September 2017, Jumlah Penduduk Miskin di Provinsi Bengkulu Menurun Menjadi 15,59 Persen*. Diakses pada 11 Juli 2018
- [2] Litawati E.K., Budiantara I.N., (2013), *Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline untuk Pemodelan Laju Pertumbuhan Ekonomi (LPE) di Jawa Timur*, Jurnal Sains dan Seni Pomits, Vol.2, hal. 123-128.
- [3] Sunandi, E., Novianti, P, Agustina, D. (2014). *Estimasi Tingkat Kemiskinan Pada Level Desa di Propinsi Bengkulu dengan Menggunakan Small Area Estimation*. FMIPA Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- [4] Sriliana, I., Sunandi, E., Rafflesia, U., (2017), *Pemodelan Kemiskinan di Provinsi Bengkulu Menggunakan Small Area Estimation dengan Pendekatan Semiparametrik Penalized Spline*, *Jurnal MIPA*, Vol. 40, No.2, hal. 134-140.
- [5] Harmes, Juanda, B., Rustiadi, E., Barus, B., 2017, *Pemetaan Efek Spasial pada Data Kemiskinan Kota Bengkulu*, *Journal of Regional and Rural Development Planning*, Vol. 1(2), pp. 192-201.
- [6] Widyowati, C., 2016, *Pemodelan Persentase Kemiskinan di Jawa Timur dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Aditif Berdasarkan Estimator Penalized Spline*, (Skripsi), Universitas Airlangga, Surabaya.
- [7] Case, K. E, & Fair, R. C, (2010), *Prinsip-prinsip Ekonomi*, Ed. Ke 8, Jl. I, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [8] Kamus Besar Bahasa Indonesia. (2014), *Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional*, Cetakan VII, Edisi IV, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [9] Nallari, R., & Griffith, B, (2011), *Understanding Growth and Poverty: Theory, Policy, and Empirics*. United states of America: World Bank Publications.
- [10] Albornoz, M. A., Becker, M., Cahyat, A., Cronkleton, P., Jong, W.d., Evans, K., Wollenberg, E., 2007, *Menuju Kesejahteraan dalam Masyarakat Hutan: Buku Panduan untuk Pemerintah Daerah*, Bogor: Cifor.
- [11] Eubank, R.L., 1999, *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*, 2nd edition, Marcel Dekker, New York.
- [12] Ruppert, D., Wand, M.P., Carrol, R.J., 2003, *Semiparametric Regression*, Cambridge University Press, New York.
- [13] Ruppert, D., 2002, *Selecting The Number of Knots for Penalized Spline*, *Journal of Computational and Graphical Statistics*, Vol. 11, pp. 735-757.

ISSN 1907-3909



9 771907 3909 14

Alamat Redaksi:  
Jurusan Matematika, FTIS - UNPAR  
Gedung 9, Lantai 1  
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung - 40141