

MODEL REGRESI NONPARAMETRIK *B-SPLINE*

(Studi Kasus: Persentase Kemiskinan dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi
Persentase Penduduk Miskin Provinsi Jawa Barat Tahun 2017)

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

Mencapai derajat sarjana S-1



Diajukan Oleh:

RISMA NUR SUKMAWATI

15610026

Kepada

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2019



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Risma Nur Sukmawati

NIM : 15610026

Judul Skripsi : MODEL REGRESI NONPARAMETRIK *B-SPLINE* (Studi Kasus: Persentase Kemiskinan dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Presentase Penduduk Miskin Provinsi Jawa Barat Tahun 2017)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 18 Maret 2019
Pembimbing

M. Farhan Qudratullah, M.Si

NIP: 19790922 200801 1 011



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1250/Uir.02/DST/PP/00.9/04/2019

Tugas Akhir dengan judul MODEL REGRESI NONPARAMETRIK B-SPLINE (Studi Kasus: Presentase Kemiskinan dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Presentase Pendidikan Miskin Provinsi Jawa Barat Tahun 2017)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama RISMA NUR SUKMAWATI
Nomor Induk Mahasiswa 15610026
Telah ditjikan pada Selasa, 02 April 2019
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si
NIP. 19790922 200801 1 011

Penguji I

Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19750912 200801 2 015

Penguji II

Muhammad Zaki Riyanto, S.Si., M.Sc.
NIP. 19840113 201503 1 001

Yogyakarta, 02 April 2019

STATE ISLAM UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Dr. Nurjono, M.Si
NIP. 19691212 200603 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Risma Nur Sukmawati

NIM : 15610026

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 18 Maret 2019



Yang Menyatakan,

Risma Nur Sukmawati

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT
dan shalawat serta salam kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW,
kupersembahkan karya ini:

Untuk orang terkasih sepanjang masa saya,
Bapak Sudarmoko dan Ibu Diah Ken Kusmarina, yang selalu mendoakan,
membimbing, merangkul dalam kondisi apapun, dan telah banyak berkorban
demi kesuksesanku saat ini.

Untuk kakak tersayang, Erni Widyastuti, yang dengan penuh kesabaran
memberikan semangat, mendoakan, terimakasih telah menerima serta
mendampingi di segala kondisi.

Untuk keluarga besar Simbah Muhadi dan keluarga besar Simbah Warsito.

Untuk sahabat-sahabat seperjuangan.

Untuk teman-teman Matematika 2015.

Untuk Almamater,
Program Studi Matematika,
Fakultas Sains dan Teknologi,
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

HALAMAN MOTTO

Man Jadda Wa Jadda!

اللَّهُمَّ لَا سَهْلَ إِلَّا مَا جَعَلْتَهُ سَهْلًا وَأَنْتَ تَجْعَلُ الْحَزْنَ إِذَا شِئْتَ سَهْلًا

*Allahumma laa sahla illa ma ja'altahu sahla, wa anta taj'alul hazna
idza syi'ta sahla.*

Artinya: "Yaa Allah, tidak ada kemudahan kecuali Engkau buat mudah. Dan Engkau menjadikan kesedihan (kesulitan), jika Engkau kehendaki pasti akan menjadi mudah"

لَا حَوْلَ وَلَا قُوَّةَ إِلَّا بِاللَّهِ

La haula wala quwwata illa billah

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi *Rabbul'alamin* yang telah memberi kesempatan dan kekuatan sehingga skripsi yang berjudul “MODEL REGRESI NONPARAMETRIK *B-SPLINE* (Studi Kasus: Persentase Kemiskinan dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Persentase Penduduk Miskin Provinsi Jawa Barat Tahun 2017)” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Matematika.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penyusunan skripsi ini telah selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Murtono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Dr. M. Wakhid Musthofa, M.Si. selaku Ketua Program Studi Matematika dan Dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan ilmu dan pengarahan selama studi.
3. Bapak M. Farhan Qudratullah, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, memberikan petunjuk, koreksi, pengarahan dan memotivasi penulis selama penulisan tugas akhir.
4. Dosen-dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang sudah membagi ilmu yang sangat bermanfaat.

5. Bapak Sudarmoko dan Ibu Diah Ken Kusmarina tercinta, yang selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis, memberikan semangat dan dukungan baik moral maupun materiil.
6. Erni Widyastuti, yang selalu memberikan dukungan, dorongan, nasehat dan semangat tiada henti dalam setiap langkah hidup kepada penulis.
7. Keluarga Besar Simbah Muhadi dan Simbah Warsito, Miuw, yang memberikan semangat dan doanya untuk kesuksesan penulis.
8. A'as Ased Fajar Baskoro, Umniyah Rihadatul Aisy, Wahyu Suryadi, Wilda Ari Setyorini, M. Fauzan Rinaldi, sahabat terbaik seperjuangan sampai akhir, terima kasih untuk tetap saling menyemangati.
9. Sahabat SMP dan SMA yang telah kebersamai saat suka maupun duka, juga Teman-teman serta Keluarga KKN-96 Kledekan Kidul.
10. Teman-teman Matematika 2015 yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Terima kasih atas kebersamaan dan pengalamannya selama ini.
11. Semua pihak yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu atas bantuan dan masukannya dalam penyusunan tugas akhir.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan dapat menambah wawasan dalam aspek ilmu pengetahuan matematika terutama matematika di bidang statistika.

Yogyakarta, 25 Februari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
INTISARI	xix
ABSRTACT	xx
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah	5
1.3 Rumusan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Tinjauan Pustaka	7
1.7 Sistematika Penulisan	10
 BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Variabel Random.....	12
2.2. Distribusi Probabilitas	12
2.3. Derivatif.....	14
2.3.1 Derivatif Parsial Derajat Satu	14

2.3.2	Derivatif Parsial Derajat Dua	15
2.4.	Matriks.....	15
2.4.1.	Jenis matriks	16
2.4.2.	Operasi pada matriks	17
2.4.3.	Transpose Matriks	18
2.4.4.	Matriks Diagonal	19
2.4.5.	Invers Matriks.....	19
2.4.6.	Trace Matriks.....	19
2.5.	Estimasi	20
2.5.1	Pengertian estimasi	20
2.5.2	Pendugaan Parameter	20
2.5.3.	Sifat-sifat Estimator.....	22
2.6.	Analisis Korelasi	24
2.7.	Analisis Regresi.....	25
2.7.1.	Regresi Parametrik	27
2.7.2.	Regresi Nonparametrik.....	28
2.8.	Analisis Regresi Linear	28
2.8.1.	Model Regresi Linear Sederhana	29
2.8.2.	Asumsi Regresi Linear Sederhana.....	30
2.8.3.	Model Regresi Linear Berganda.....	31
2.8.4.	<i>Ordinary Least Square</i> (OLS).....	32
2.8.5.	<i>Weighted Least Square</i> (WLS).....	34
2.9.	Uji Asumsi Klasik	37
2.9.1.	Normalitas	37
2.9.2.	Multikolinearitas.....	38
2.9.3.	Heterokedastisitas	39
2.9.4.	Autokorelasi	40
2.10.	Regresi <i>Spline</i>	41
2.10.1.	Model Regresi <i>Spline</i>	41
2.10.2.	Model Regresi <i>B-Spline</i>	42
2.11.	Koefisien Determinasi (R^2).....	43

2.12.	<i>Generalized Cross Validation (GCV)</i>	44
2.13.	Kemiskinan.....	45
2.13.1.	Garis Kemiskinan (GK).....	45
2.13.2.	Jenis Kemiskinan.....	46
2.13.3.	Ukuran Kemiskinan.....	48
2.14.	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kemiskinan	49
2.14.1.	Tingkat Pengangguran.....	49
2.14.2.	Rata-Rata Lama Sekolah	49

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Data dan Jenis Penelitian.....	51
3.2	Metode Pengumpulan Data	51
3.3	Populasi dan Teknik Pengambilan Sampel	52
3.4	Variabel Penelitian	52
3.5	Metode Penelitian.....	52
3.6	Metode Analisis Data	53
3.7.	Bagan Alur Penelitian (<i>Flowchart</i>)	55

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Regresi Nonparametrik.....	57
4.2.	Model Regresi <i>B-Spline</i>	57
4.3.	Basis Fungsi <i>B-Spline</i>	58
4.3.1.	Fungsi <i>B-Spline</i> Linear	61
4.3.2.	Fungsi <i>B-Spline</i> Kuadratik	65
4.4.	Estimasi Parameter Model Regresi <i>B-Spline</i>	73
4.5.	Sifat Estimator <i>B-Spline</i>	79
4.5.1.	Bias dan Tak Bias Asimtotik.....	79
4.5.2.	Konsisten	83
4.6.	Pemilihan Titik Knot Awal dan Knot Optimal.....	84
4.7.	Kriteria Pemilihan Model Terbaik.....	86
4.7.1.	Koefisien Determinasi (R^2)	86

4.7.2.	Generalized Cross Validation (GCV).....	86
4.8.	Pengujian Signifikansi Parameter.....	87
4.8.1.	Pengujian Serentak	87
4.8.2.	Pengujian Secara Individu	89
4.9.	Pengujian Asumsi Residual Model Regresi	89
4.9.1.	Uji Heterokedastisitas.....	90
4.9.2.	Uji Autokorelasi	90
4.9.3.	Uji Multikolinearitas	91
4.9.4.	Uji Asumsi Distribusi Normal.....	92

BAB V STUDI KASUS

5.1.	Deskripsi data	95
5.2.	Deskripsi Variabel Bebas dan Variabel Terikat Persentase Penduduk Miskin Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat.....	95
5.3.	Pemilihan Titik Knot Optimal	101
5.4.	Pemilihan Model Regresi <i>B-Spline</i>	104
5.5.	Permodelan Regresi <i>B-Spline</i> dengan OLS Tahap I.....	106
5.5.1	Estimasi Parameter	106
5.5.2	Pengujian Parameter	110
5.6.	Permodelan Regresi <i>B-Spline</i> dengan OLS Tahap II	112
5.6.1	Estimasi Parameter	112
5.6.2	Pengujian Parameter	114
5.7.	Permodelan Regresi <i>B-Spline</i> dengan WLS	120
5.7.1	Estimasi Parameter	120
5.7.2	Pengujian Parameter	122
5.8.	Penerapan Model <i>B-Spline</i>	128

BAB VI PENUTUP

6.1.	Kesimpulan.....	131
6.2.	Saran	132

DAFTAR PUSTAKA	133
LAMPIRAN.....	136



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Tinjauan Pustaka.....	9
Tabel 2.1	Tingkat hubungan 2 (dua) variabel.....	25
Tabel 4.1	Analisis Ragam (ANOVA).....	88
Tabel 5.1	Karakteristik Persentase Penduduk Miskin Kota/Kabupaten Provinsi Jawa Barat	96
Tabel 5.2	Nilai Korelasi Data Persentase Penduduk Miskin Kota/Kabupaten Provinsi Jawa Barat	100
Tabel 5.3	Titik knot dan GCV untuk 1 knot X_1 dan 1 knot X_2	102
Tabel 5.4	Titik knot dan GCV untuk 1 knot X_1 dan 2 knot X_2	103
Tabel 5.5	Titik knot dan GCV untuk 2 knot X_1 dan 1 knot X_2	104
Tabel 5.6	Titik knot dan GCV untuk 2 knot X_1 dan 2 knot X_2	104
Tabel 5.7	Perbandingan nilai GCV minimum	105
Tabel 5.8	Estimasi Parameter Model <i>B-Spline</i> OLS Tahap I	106
Tabel 5.9	ANOVA Regresi <i>B-Spline</i> OLS Tahap I.....	111
Tabel 5.10	Estimasi Parameter Model <i>B-Spline</i> OLS Tahap II.....	113
Tabel 5.11	ANOVA Regresi <i>B-Spline</i> OLS Tahap II.....	115
Tabel 5.12	Uji Parsial Estimator Model <i>B-Spline</i> OLS Tahap II	116
Tabel 5.13	Estimasi Parameter Model <i>B-Spline</i> WLS.....	120
Tabel 5.14	ANOVA Regresi <i>B-Spline</i> WLS.....	122
Tabel 5.15	Uji Parsial Estimator Model <i>B-Spline</i> WLS	124
Tabel 5.16	Komparasi Data Asli dan Data Hasil Prediksi.....	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1	Diagram Batang Penduduk Miskin Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat Tahun 2017	98
Gambar 5.2	<i>Scatterplot</i> variabel Y , variabel X_1 , dan variabel X_2	100
Gambar 5.3	Grafik komparasi data asli dengan data hasil prediksi	130



DAFTAR SIMBOL

X : Variabel Prediktor

Y : Variabel Respon

n : Banyak sampel

u : Titik knot

j : Letak titik knot

k : Jumlah titik knot

b : Koefisien regresi

\hat{b} : Estimator koefisien regresi

N : Basis *B-Spline*

m : Orde

\underline{y} : Vektor respon

\underline{N} : Vektor basis *B-Spline*

\underline{b} : Vektor koefisien regresi

$\hat{\underline{b}}$: Vektor estimator koefisien regresi

$\underline{\varepsilon}$: Vektor variabel *error*

λ : *Smoothing* / penghalus

α : *Intercept*/ titik potong kurva terhadap sumbu Y

β : Kemiringan/ slope kurva linear

ε : Variabel *error*

- P : Ukuran populasi
- I : Matriks identitas atas perkalian
- A^T : Transpose dari matriks A
- $tr(A)$: Trace dari matriks A
- A^{-1} : Invers dari matriks A
- $\det(A)$: Determinan matriks A
- $Rank(A)$: Rank dari matriks A
- db : Derajat bebas, yaitu banyaknya data yang saling bebas satu dengan yang lain
- R^2 : Koefisien determinasi

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Persentase Penduduk Miskin dan Faktornya Provinsi Jawa Barat	136
Lampiran 2	Statistik Deskriptif Variabel Terikat Persentase Penduduk Miskin di Provinsi Jawa Barat.....	137
Lampiran 3	Diagram Batang TPT tiap Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat Tahun 2017	138
Lampiran 4	Diagram Batang RLS tiap Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat Tahun 2017	139
Lampiran 5	Nilai korelasi antara Persentase Penduduk Miskin dengan Masing-Masing Variabel Prediktor	140
Lampiran 6	Output Analisis Regresi Linear Berganda.....	141
Lampiran 7	Program untuk Menggambar <i>Scatterplot</i> Variabel Y dan X_1 serta Variabel Y dan X_2	143
Lampiran 8	Program untuk Memilih Titik Knot Optimal untuk 1 Knot X_1 dan 1 Knot X_2	144
Lampiran 9	Program untuk Memilih Titik Knot Optimal untuk 1 Knot X_1 dan 2 Knot X_2	147
Lampiran 10	Program untuk Memilih Titik Knot Optimal untuk 2 Knot X_1 dan 1 Knot X_2	150
Lampiran 11	Program untuk Memilih Titik Knot Optimal untuk 2 Knot X_1 dan 2 Knot X_2	153
Lampiran 12	Program untuk Mencari Estimasi Parameter Model OLS	156
Lampiran 13	Program untuk Pengujian Parameter Model OLS I.....	158
Lampiran 14	Program untuk Estimasi Ulang Parameter Model OLS II dan pengujian	161
Lampiran 15	Program untuk Estimasi Ulang Parameter Model WLS dan Pengujian	165
Lampiran 16	Uji Asumsi Normalitas Residual Model OLS II	171
Lampiran 17	Uji Asumsi Normalitas Residual Model WLS	172

Model Regresi Nonparametrik *B-Spline*
(Studi Kasus: Persentase Kemiskinan dan Faktor-Faktor
yang Mempengaruhi Persentase Penduduk Miskin
Provinsi Jawa Barat Tahun 2017)

Oleh: Risma Nur Sukmawati

INTISARI

Analisis regresi menjadi dasar pengambilan kesimpulan (*inferensia*) tentang hubungan fungsional antara variabel prediktor dan variabel respon. Dalam analisis regresi ada dua pendekatan yaitu pendekatan parametrik dan nonparametrik. Pendekatan nonparametrik tidak terikat asumsi normalitas dan data diberi keleluasaan untuk mencari pola kurva regresi sehingga sangat fleksibel dan objektif. Pendekatan regresi nonparametrik yang sering digunakan antara lain regresi *spline*, yaitu salah satu jenis *piecewise polynomial*, polinomial yang memiliki sifat tersegmen. Pendekatan *Spline* mempunyai suatu basis fungsi yang biasa dipakai salah satunya adalah *B-Spline*.

Data yang digunakan adalah data kemiskinan Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat tahun 2017. Variabel dependen yang digunakan ialah Persentase Jumlah Penduduk Miskin (Y) dengan variabel independen adalah Tingkat Pengangguran Terbuka (X_1) dan Rata-Rata Lama Sekolah (X_2).

Model Regresi *B-Spline* terbaik untuk estimasi data persentase penduduk miskin Jawa Barat menggunakan metode *Weighted Least Square* adalah:

$$\hat{Y} = (-0,9825)N_{-1,2}(x_1) + (3,3417)N_{0,2}(x_1) + (-0,9575)N_{1,2}(x_1) \\ + (11,9249)N_{-1,2}(x_2) + (10,1563)N_{0,2}(x_2) + (4,0192)N_{1,2}(x_2)$$

dengan nilai *Mean Square Error* adalah 3,9776; nilai R^2 sebesar 58,05% dan nilai GCV sebesar 5,9866.

Kata kunci : Regresi nonparametrik, Persentase kemiskinan, Regresi *B-Spline*, Titik knot.

Model Regresi Nonparametrik *B-Spline*
(Studi Kasus: Persentase Kemiskinan dan Faktor-Faktor
yang Mempengaruhi Persentase Penduduk Miskin
Provinsi Jawa Barat Tahun 2017)

Oleh: Risma Nur Sukmawati

ABSTRACT

Regression analysis became the basis for conclusion (inferencing) about the functional relationship between predictor variables and response variable. In regression analysis there are two approaches, called parametric approach and nonparametric approach. A nonparametric approach is not banded by normality assumption and the data given as independence of search the curve regression so this approach are very flexibility and objective. Nonparametric regression approaches that are often used include *spline* regression, which is one type of polynomial piecewise, a polynomial that has a nature segmented. *Spline* approach has a basic function that commonly used, which is *B-Spline*.

Data in this research is poverty percentage regencies / cities of West Java Province in 2017. As dependent variable is the percentage of the poor people as Y and independent variables are the open unemployment rate as X_1 and the average length of school as X_2 .

The best *B-Spline* regression model for estimating the percentage data of the poor people in West Java using the Weighted Least Square method is :

$$\hat{Y} = (-0,9825)N_{-1,2}(x_1) + (3,3417)N_{0,2}(x_1) + (-0,9575)N_{1,2}(x_1) \\ + (11,9249)N_{-1,2}(x_2) + (10,1563)N_{0,2}(x_2) + (4,0192)N_{1,2}(x_2)$$

with the MSE value is 3,9776 then determination value is 58.05% and the GCV value is 5.9866.

Keywords: Regression nonparametric, *B-Spline* regression, Poverty percentage, Knot points.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matematika adalah salah satu cabang keilmuan yang menjadi dasar dalam setiap pengetahuan dan setiap aktivitas manusia sehari-hari. Keberadaan ilmu matematika tergolong sangat penting karena banyak persoalan yang membutuhkan matematika dalam menyelesaikannya. Statistika merupakan salah satu cabang ilmu matematika yang banyak dipelajari oleh ilmuan dari hampir semua bidang ilmu pengetahuan seperti ilmu kedokteran, teknik, dan semua bidang yang mencakup pengetahuan manusia. Statistika adalah ilmu yang mempelajari suatu proses dalam merencanakan, mengumpulkan, menganalisis menginterpretasi, dan mempresentasikan data (Turmudi dan Harini, 2008).

Statistika dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensia. Statistika deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu data sehingga memberikan informasi yang berguna, sedangkan statistika inferensia mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis data sampai pada penarikan kesimpulan mengenai data populasinya. Contoh dari statistika inferensia antara lain, metode pendugaan statistik, pengujian hipotesis, analisis korelasi, dan analisis regresi.

Analisis regresi merupakan suatu metode dalam analisis statistik yang mengalami perkembangan pesat dan banyak digunakan untuk berbagai bidang kehidupan. Analisis regresi menggambarkan sekumpulan teknik statistika yang menjadi dasar pengambilan kesimpulan (*inferensia*) tentang hubungan fungsional

antara variabel prediktor (bebas) dan variabel respon (tak bebas). Hal ini mengakibatkan analisis regresi telah menjadi sesuatu yang pokok dalam menyelesaikan berbagai permasalahan sehingga banyak penelitian dan tulisan mengenai analisis ini (Ishaq, 2007). Analisis regresi juga dapat digunakan untuk membuat perkiraan nilai suatu hubungan variabel terhadap variabel lain. Data dikatakan baik jika bebas dari ketidaknormalan, heteroskedastisitas, dan autokorelasi (Sarwoko, 2005).

Dari hubungan antara kedua variabel tersebut, persoalan dalam analisis regresi ialah memprediksi bentuk kurva yang terbentuk dengan dua pendekatan yang dikenal. Dua pendekatan tersebut yaitu pendekatan parametrik dan nonparametrik. Pendekatan parametrik dilakukan apabila bentuk kurva yang terbentuk adalah normal, misalnya linear, kuadrat, atau kubik. Sedangkan apabila tidak normal digunakan pendekatan nonparametrik, sebab dalam pendekatan ini kurva diasumsikan mulus (*smooth*) di dalam ruang fungsi tertentu. Selain itu, digunakan regresi nonparametrik dengan alasan memiliki fleksibilitas yang tinggi karena bentuk estimasi kurva regresinya dapat menyesuaikan datanya tanpa dipengaruhi oleh faktor subyektifitas peneliti (Eubank, 1999).

Beberapa pendekatan model regresi nonparametrik yang sering digunakan antara lain regresi nonparametrik kernel, *Spline*, Polinomial Lokal, Deret Fourier, *WAVELETS*, *MARS*, dan lain sebagainya. *Spline* adalah salah satu jenis *piecewise polynomial*, yaitu polinomial yang memiliki sifat tersegmen atau terbagi. Sifat tersegmen ini memberikan fleksibilitas lebih dari polinomial biasa, sehingga memungkinkan untuk menyesuaikan diri secara lebih efektif terhadap karakteristik

lokal suatu fungsi atau data (Budiantara dkk, 2006). Pendekatan *Spline* mempunyai suatu basis fungsi. Basis fungsi yang biasa dipakai antara lain *Spline truncated* dan *B-Spline* (Lyche dan Morken, 2004). Namun pada *Spline truncated* mempunyai kelemahan pada saat orde *spline* yang tinggi, titik knots yang banyak dan knots yang terlalu dekat akan membentuk matriks dalam perhitungan yang hampir singular, sehingga persamaan normal sulit diselesaikan, basis yang mengatasi kelemahan ini adalah basis *B-Spline* (Budiantara *et al.*, 2006).

Banyak penelitian mengenai permasalahan sehari-hari yang harus menggunakan regresi nonparametrik *B-Spline* misalnya pada analisis inflasi, atau peramalannya (*forecasting*). Penerapan model regresi nonparametrik *B-Spline* pada karya ilmiah ini adalah pada kasus yang mempengaruhi persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Barat dan faktor-faktornya. Karena berdasarkan hasil SUSENAS Maret 2017, jumlah penduduk miskin di Jawa Barat sebanyak 4.168,44 ribu orang atau 8,71 persen dari jumlah penduduk Jawa Barat. Jumlah penduduk miskin di Provinsi Jawa Barat mengalami fluktuasi setiap tahunnya (BPS, 2018).

Kemiskinan di suatu negara ialah sebuah persoalan mendasar yang cenderung menjadi pusat perhatian pemerintah. Bahkan, kemiskinan selalu menjadi topik yang menarik untuk dibahas bahkan cenderung untuk diperdebatkan. Akan tetapi selama ini kemiskinan cenderung dikaitkan dengan dimensi ekonomi karena dimensi ini lebih mudah untuk diamati, diukur, dan diperbandingkan. Selain itu, kemiskinan juga perlu dilihat dari dimensi lain seperti dimensi sosial, pendidikan, kesehatan, dan sebagainya.

Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) adalah perbandingan antara jumlah pencari kerja terhadap angkatan kerja. Pencari kerja (penganggur) adalah orang yang tidak mempunyai pekerjaan dan sedang mencari pekerjaan atau mempersiapkan usaha; atau orang yang sudah diterima bekerja tapi belum mulai bekerja; atau orang yang sudah putus asa dalam mencari pekerjaan. Sedangkan angkatan kerja adalah penduduk usia kerja yang aktif secara ekonomi yaitu aktif bekerja atau pun mencari pekerjaan (BPS, 2017). Sehingga dapat dikatakan bahwa adanya TPT yang tinggi akan memperlihatkan banyaknya penganggur, tidak adanya pendapatan untuk setiap keluarga. Dengan kata lain pengangguran terbuka menjadi salah satu faktor untuk mendukung kemiskinan.

Pendidikan merupakan modal bagi sumber daya manusia yang dapat meningkatkan kemampuan baik secara formal maupun keterampilan sumber daya manusia, sehingga lebih memudahkan sumber daya manusia tersebut dalam mencari pekerjaan karena mempunyai nilai daya saing yang tinggi dan berakibat pada berkurangnya tingkat pengangguran yang ada. Sebaliknya, keterbatasan pendidikan menyebabkan penduduk berpendidikan rendah sulit untuk mampu bersaing di pasar kerja (BPS, 2017). Sehingga dapat dikatakan bahwa pendidikan penting untuk memperoleh sebuah pekerjaan, rata-rata lama sekolah yang ditempuh juga menjadi faktor sebuah kemiskinan itu terjadi.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kemiskinan di Provinsi Jawa Barat dan mendeteksi kantong kemiskinan untuk memperoleh informasi prioritas lokasi pengentasan kemiskinan sehingga upaya pengentasan kemiskinan

lebih efektif dan tepat sasaran. Data kemiskinan yang baik dapat digunakan untuk mengevaluasi kebijakan pemerintah terhadap kemiskinan, membandingkan kemiskinan antar waktu dan daerah, serta menentukan target penduduk miskin dengan tujuan untuk memperbaiki kondisi mereka (BPS, 2018).

Oleh karena itu, penelitian ini mengambil judul Model Regresi Nonparametrik *B-Spline*, sehingga ada beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam membentuk model terbaik regresi dengan kriteria meminimumkan *Generalized Cross Validation* (GCV) dan R^2 .

1.2 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian sangat diperlukan untuk menjamin keabsahan dalam mengambil kesimpulan yang diperoleh agar tidak terjadi penyimpangan pada tujuan semula dan pemecahan masalah lebih terkonsentrasi.

Batasan masalah penelitian ini yaitu :

1. Permodelan regresi nonparametrik *B-Spline* dengan metode *Weighted Least Square* (WLS) dalam mengestimasi parameter regresi.
2. Model yang terbentuk berdasarkan kombinasi orde 2 dan orde 3 dengan kombinasi titik knot optimal. Titik knot yang optimal diperoleh berdasarkan kriteria GCV minimum.
3. Model terbaik yang ditemukan berdasarkan kriteria GCV minimum dan koefisien determinasi (R^2).
4. Model terbaik digunakan untuk mengestimasi persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Barat tahun 2017

5. Aplikasi pengolahan data yang digunakan ialah *software* R 3.5.2, *software* R Studio 1.1.453, Microsoft Excel 2010 dan IBM SPSS 23.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang dan batasan masalah diatas maka penulis dapat menguraikan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana langkah-langkah analisis regresi nonparametrik *B-Spline*?
2. Bagaimana hasil model regresi nonparametrik *B-Spline* terbaik?
3. Bagaimana penerapan model regresi nonparametrik *B-Spline* pada kasus faktor-faktor yang mempengaruhi persentase penduduk miskin Provinsi Jawa Barat?

1.4 Tujuan Penelitian

Penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai derajat sarjana S1 Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah diuraikan, penulis merumuskan beberapa tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini:

1. Mempelajari langkah-langkah analisis regresi nonparametrik *B-Spline*.
2. Mengetahui hasil model regresi nonparametrik *B-Spline* terbaik dan menginterpretasikan model yang terbentuk.
3. Menerapkan dan menginterpretasikan model regresi nonparametrik *B-Spline* pada kasus faktor-faktor yang mempengaruhi persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Barat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil dari penulisan penelitian skripsi ini adalah:

1. Bagi mahasiswa, mampu memodelkan data menggunakan regresi nonparametrik *B-Spline* dan menerapkan pada kasus faktor-faktor yang mempengaruhi persentase kemiskinan.
2. Bagi pembaca, menambah wawasan dan pengetahuan tentang model regresi nonparametrik *B-Spline*.
3. Bagi pembaca, mampu memberikan informasi tentang permodelan data faktor-faktor yang mempengaruhi persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Barat.

1.6 Tinjauan Pustaka

Telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya yang melakukan penelitian tentang regresi nonparametrik *B-Spline*. Sehingga dalam penelitian ini, penulis memungkinkan menggunakan studi literatur yaitu studi yang dilakukan dengan mempelajari buku-buku, jurnal penelitian, karya ilmiah, dan hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

Penelitian sebelumnya yang diacu oleh peneliti antara lain penelitian oleh Raupong (Universitas Hasanuddin Makasar) pada tahun 2009 berjudul Model *B-Spline* dalam Menaksir Kurva Regresi Nonparametrik. Dalam karya ilmiahnya, Raupong melakukan taksiran kurva regresi nonparametrik, metode yang digunakan dalam mengestimasi parameter *B-Spline* ialah OLS (*Ordinary Least Square*). Hasil yang diperoleh adalah *B-Spline* linear dengan menggunakan satu titik knot dengan data pengaruh umur terhadap ratio berat dan tinggi badan bayi,

serta untuk menentukan model terbaik digunakan kriteria R^2 (Koefisien Determinasi) dan MSE (*Mean Square Error*).

Penelitian yang dijadikan referensi utama kedua ialah milik Khurotul Lisnaini (Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang) tahun 2014 yang berjudul Pemilihan Model Regresi Non Parametrik *B-Spline* Terbaik Untuk Estimasi Radiasi UV Matahari Berdasarkan Orde dan Titik Knot Optimal. Dalam penelitiannya, Isna melakukan analisis inflasi yang menurutnya bisa di analisis dan diprediksi dengan regresi nonparametrik *B-Spline*. Dihasilkan 2 model terbaik yaitu: linear dan kuadratik dengan meminimumkan nilai MSE (*Mean Square Error*) dan nilai GCV (*Generalized Cross Validation*). Ia juga mengoptimalkan titik knot untuk mengolah data radiasi UV Matahari dan konsentrasi ozon yang diperoleh dari BPD LAPAN Watukosek Tahun 2013.

Penelitian ketiga yang dijadikan referensi oleh peneliti adalah milik Anisa Septi Rahmawati (Universitas Diponegoro) tahun 2017 yang berjudul Permodelan Kasus Kemiskinan di Jawa Tengah Menggunakan Regresi Non-Parametrik Metode *B-Spline*. Analisis yang dilakukan Anisa adalah mengkombinasikan orde fungsi *B-Spline*, mengoptimalkan titik knot dan meminimumkan GCV (*Generalized Cross Validation*) untuk menghasilkan model regresi *B-Spline* terbaik. Sedangkan pengamatan pada data kemiskinan di 38 Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah tahun 2015. Diperoleh analisis data asli dan juga prediksi persentase penduduk miskin di Jawa Tengah dari model regresi *B-Spline* terbaik.

Penelitian ini akan membahas model regresi *B-Spline* terbaik dengan cara mengestimasi koefisien regresi dengan WLS (*Weighted Least Square*),

mengkombinasikan orde 2 (linear) dan orde 3 (kuadrat), dan mengoptimalkan titik knot dengan membandingkan GCV (*Generalized Cross Validation*) yang paling minimum. Kriteria pemilihan model terbaik dari penelitian ini menggunakan koefisien determinasi (R^2) dan meminimumkan GCV. Sedangkan pada studi kasus akan dijabarkan penerapan model *B-Spline* terbaik pada data kemiskinan di 27 Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat tahun 2017.

Berikut akan ditampilkan tabel perbandingan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka

No.	Peneliti	Metode	Studi Kasus
1.	Raupong (2009)	Menaksir parameter <i>B-Spline</i> dengan OLS (<i>Ordinary Least Squares</i>) dan Penentuan model terbaik adalah Koefisien Determinasi (R^2) dan MSE (<i>Mean Square Error</i>)	Umur dan Ratio berat dan tinggi bayi.
2.	Khurotul Lisnaini (2014)	Penentuan model terbaik metode regresi nonparametrik <i>B-Spline</i> dengan meminimumkan MSE dan GCV berdasarkan orde dan titik knot optimal.	Data radiasi UV Matahari dan konsentrasi ozon tahun 2013.

3.	Anisa Septi Rahmawati (2017)	Penentuan model terbaik regresi nonparametrik <i>B-Spline</i> menggunakan GCV minimum dari kombinasi orde dan banyak titik knot.	Kasus Kemiskinan di Jawa Tengah tahun 2015.
4.	Risma Nur Sukmawati (2019)	Penentuan model terbaik regresi nonparametrik <i>B-Spline</i> menggunakan GCV minimum dan koefisien determinasi (R^2) dari kombinasi orde 2 dan orde 3 dan titik knot optimal.	Kasus Persentase Kemiskinan di Jawa Barat tahun 2017.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab Pendahuluan membahas tentang latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat dari penulisan karya ilmiah skripsi, tinjauan pustaka penelitian sebelumnya, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab Landasan teori berisi tentang kumpulan teori yang menunjang dalam penulisan skripsi, meliputi variabel random, distribusi probabilitas, derivatif, matriks, estimasi, korelasi, analisis regresi, analisis regresi linear, uji asumsi klasik, regresi *spline*, regresi *B-Spline*, koefisien determinasi, GCV, kemiskinan, dan juga faktor-faktor yang mempengaruhi kemiskinan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab Metodologi penelitian membahas berbagai penjelasan proses pelaksanaan penelitian, yaitu data dan jenis penelitian, metode pengumpulan data, populasi dan teknik pengambilan sampel data penelitian, variabel penelitian, metode penelitian, metode analisis data, sampai pada bagan alur penelitian (*Flowchart*).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab Model regresi *B-Spline* membahas tentang materi utama skripsi yaitu Regresi Nonparametrik, Model Regresi *B-Spline*, basis fungsi, estimasi parameter, sifat estimator, pemilihan titik knot awal dan knot optimal, kriteria pemilihan model terbaik, pengujian signifikansi parameter, dan pengujian asumsi residual model regresi.

BAB V STUDI KASUS

Bab Studi kasus membahas mengenai deskripsi data, deskripsi variabel bebas dan variabel terikat, pemilihan titik knot optimal, pemilihan model terbaik, permodelan regresi meliputi 3 tahapan, OLS I, OLS II, dan WLS, kemudian pengujian serentak, pengujian individu, kemudian pengujian asumsi residual.

BAB VI PENUTUP

Bab Penutup membahas mengenai kesimpulan dari penelitian dan juga saran penulisan skripsi agar lebih baik kedepannya.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilakukan penulis tentang model regresi nonparametrik *B-Spline* pada data yang dikemukakan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat 12 langkah analisis regresi *B-Spline* yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menghimpun dan membagi data sesuai variabel respon dan variabel prediktor, membuat *scatterplot* kedua variabel. Melakukan analisis regresi *B-Spline* dengan menentukan knot awal lalu mengkombinasikan orde dan knot. Selanjutnya menghitung nilai GCV minimum dari titik knot optimal. Setelah itu menentukan model *B-Spline* terbaik berdasar knot optimal dan dari kriteria R^2 juga GCV minimum, dilakukan pengujian serentak, individu parameter dan uji asumsi residual, terakhir melakukan komparasi data asli dan data prediksi menggunakan model regresi *B-Spline* terbaik.
2. Hasil model regresi nonparametrik *B-Spline* terbaik menggunakan estimasi *Weighted Least Square* (WLS) ditulis sebagai berikut :

$$\hat{Y} = (-0,9825)N_{-1,2}(x_1) + (3,3417)N_{0,2}(x_1) + (-0,9575)N_{1,2}(x_1) \\ + (11,9249)N_{-1,2}(x_2) + (10,1563)N_{0,2}(x_2) + (4,0192)N_{1,2}(x_2)$$

3. Model Regresi *B-Spline* terbaik untuk estimasi data persentase penduduk miskin di Jawa Barat adalah dengan metode WLS, yaitu pada saat variabel X_1 berorde 2 dan variabel X_2 berorde 2, juga banyaknya knot optimal

yaitu X_1 sebanyak 1 knot pada titik 5,2668 dan X_2 sebanyak 1 knot pada titik 7,2225 dengan nilai MSE yaitu 3,9776 juga kriteria nilai GCV sebesar 5,9866 dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 58,05%.

6.2. Saran

Pada penelitian ini hanya digunakan 2 variabel prediktor pada data persentase kemiskinan di Jawa Barat Tahun 2017, juga terbatas pada kombinasi 1 dan 2 knot pada orde 2 dan orde 3, pada penelitian ini menggunakan 2 kriteria untuk penentuan model terbaik yaitu R^2 dan GCV. Sehingga untuk penelitian selanjutnya, peneliti mengharapkan adanya penambahan jumlah pada variabel prediktor, adanya kombinasi titik knot lebih dari 2 knot, jumlah orde 2, 3, dan 4, juga adanya penambahan kriteria penentuan model terbaik pada regresi *B-Spline* terbaik, agar model yang diperoleh akan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H. dan Rorres, C. 2004. *Aljabar Linear Elementer*. Erlangga: Jakarta.
- Astutik, Suci. 2014. *Modul Praktikum Analisis Regresi Lanjutan*. Malang: FMIPA-UB.
- Atmanti, H.D., 2005, *Investasi Sumber Daya Manusia Melalui Pendidikan*, Jurnal Dinamika Pembangunan, Vol. 2, No. 1, hal. 30-39.
- Bain, L. J., dan Engelhardt, M. 1992. *Introduction To Probability And Mathematical Statistics: 2nd Edition*. Duxbury press: California.
- Basri, H. 2008. Estimasi Parametrik dan Nonparametrik untuk Pendekatan Kurva Regresi. *Makalah Pembicara Utama pada Seminar Nasional Statistika V, Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- BPS, 2011, *Penjelasan Data Kemiskinan 1996-2010*, Jakarta.
- BPS, 2012, *Analisis Data Kemiskinan Berdasarkan Data Pendataan Program Perlindungan Sosial (PPLS) 2011*, Jakarta; Kementerian Sosial RI
- BPS, 2017, *Kemiskinan Kabupaten/Kota Jawa Barat Tahun 2017*, Jawa Barat.
- BPS, 2018, *Keadaan Ketenagakerjaan Agustus 2017*, Berita Resmi Statistik, BPS Jawa Barat.
- Budiantara, I.N. 2000. *Metode UBR, GML, CV, dan GCV Dalam Regresi Nonparametrik Spline*. Majalah Ilmiah Himpunan Matematika Indonesia (MIHMI). Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS): Surabaya.
- Budiantara, I.N. et al., 2006, *Permodelan B-Spline dan MARS Pada Nilai Ujian Masuk terhadap IPK Mahasiswa Jurusan Desain dan Komunikasi Visual*. Jurnal UKM Petra. Surabaya.
- Budiantara, I. N. 2009. *Spline dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik: Sebuah Permodelan Statistika Masa Kini dan Masa Mendatang*.
- Budiantara, I. N. 2009. *Penelitian Bidang Regresi Spline Menuju Terwujudnya Penelitian Statistika yang Mandiri dan Berkarakter*.
- Casella, G. and Berger, R. (2002) *Statistical Inference. 2nd Edition*, Duxbury Press, Florida.
- Devi, A. R., Mukid, M.A., dan Yasin, H., 2014. *Analisis Inflasi Kota Semarang menggunakan Metode Regresi Non Parametrik B-Spline*. Jurnal Gaussian. 3(2): 193-202.

- Eberly, D., 1999. *B-Spline Interpolation on Lattices*. Jurnal. <http://www.e-bookspdf.org>, 20 Februari 2014.
- Erni Septianawati, 2016, *Multilevel Structural Equation Modeling: Analisis Metode Weighted Least Square Pada Variabel Non-Normal (Thesis)*, UGM.
- Eubank, R. L. 1999. *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*, 2nd ed. New York: Marcel Dekker.
- Gujarati, D. 2004. *Basic Economics, Fourth Edition*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Hardle, W. 1990. *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge University Press: New York.
- Hasan, M. I. 2002. *Pokok-Pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Hidayah, S. 2007. *Estimasi Model Regresi Nonparametrik Multiprediktor Dengan Error Lognormal Berdasarkan Estimator Penalized Spline*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Ishaq, Sifriyani, 2007, Pendekatan *Spline* untuk Fungsi Variansi, Jurnal ITS, Surabaya.
- Kuncoro, Mudrajad. 2003. *Metode Riset untuk Bisnis & Ekonomi*. Jakarta: Erlangga.
- Lisnaini, K. 2014. *Pemilihan Model Regresi B-Spline Terbaik Untuk Estimasi Radiasi UV Matahari Berdasarkan Orde Dan Titik Knot Optimal*. UIN Malang.
- Lyche, T. Dan K. Morken. 2004. *Spline Methods Draft*. Department of Informatics. University of Oslo.
- Nurul Miftahul Hidayati, 2014, *Estimasi Regresi Semiparametrik dengan Pendekatan B-Spline*, UGM.
- Qudratullah, M. F. 2013. Analisis Regresi Terapan: Teori, Contoh Kasus, dan Aplikasi dengan SPSS. Yogyakarta: ANDI Offset.
- Qudratullah, M. F. 2014. Statistika Terapan: Teori, Contoh Kasus, dan Aplikasi dengan SPSS. Yogyakarta: ANDI Offset.
- Rahmawati, A.S., Ispriyanti, D., dan Warsito, B., 2017. *Permodelan kasus kemiskinan di Jawa Tengah menggunakan Metode Regresi NonParametrik B-Spline*. Jurnal Gaussian. Vol. 6 No. 1, 11-20.
- Raupong. 2009. *Model B-Spline Dalam Menaksir Kurva Regresi Nonparametrik*. Jurnal Matematika, Statistika dan komputasi, Vol. 6 No. 1, 29-43.

- R.K Sembiring. 1995. *Analisis Regresi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rizki Evitasari, 2014, *Konstruksi Kurva Yield dan Penetapan Harga Zero Coupon Bond Berdasarkan Metode Cubic B-Spline*, UGM.
- Sarwoko. 2005. *Dasar-dasar Ekonometrika*. Yogyakarta: ANDI.
- Sukirno, S., 2013, *Makroekonomi Teori Pengantar*, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Sembiring, R.K. 1995. *Analisis Regresi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Subanar. 2012. *Statistika Matematika; Probabilitas, Distribusi, dan Asimtotis dalam Statistika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sugiarto. 2014. *Statistika Ekonomi & Bisnis*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Suliyanto. 2011. *Ekonometrika Terapan: Teori dan Aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta: ANDI
- Supranto, J. 2001. *Statistik Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.
- Tambunan, T., 2001, *Perekonomian Indonesia: Teori dan Temuan Empiris*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Turmudi dan Harini, S. 2008. *Metode Statistika*. Malang: UIN-Malang Press.
- Winiarti dan Sony, S. 2010. *Pendekatan Regresi Semiparametrik Spline (Pada data nilai ujian Nasional siswa SMKN 1 Nguling pasuruan)*. Jurnal Sains dan Seni Pomits, Vol. 3 No. 2, 194-199.
- World Bank Institute, 2005, *Introduction to Poverty Analysis: Poverty Manual*, World Bank Institute.
- Yuyun, Y., Dadan, K., dan Muhlashah, N. M. 2013. *Penentuan General Cross Validation (GCV) Sebagai Kriteria dalam Pemilihan Model Regresi B-Spline Terbaik*. Buletin Ilmiah Mat. Sat. dan Terapannya (Bimaster), Jurnal Statistika Vol. 2 No. 2, 121-126