

**ANALISIS MODEL REGRESI SEMIPARAMETRIK BIRESPOUN UNTUK
DATA LONGITUDINAL DENGAN ESTIMATOR SPLINE TRUNCATED**

(Studi Kasus: Pertumbuhan Balita Usia 0 – 24 Bulan di Posyandu Padukuhan
Jirak pada Bulan Januari – Agustus 2019)

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan Memperoleh
Derajat Sarjana S1 Program Studi Matematika (S.Mat)



Diajukan oleh

MUTIA HUSNUN NURSIHHA

17106010016

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2022

HALAMAN PENGESAHAN



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-1058/Un.02/DST/PP.00.9/06/2022

Tugas Akhir dengan judul : ANALISIS MODEL REGRESI SEMIPARAMETRIK BIRESPOUN UNTUK DATA LONGITUDINAL DENGAN ESTIMATOR SPLINE TRUNCATED (Studi Kasus : Pertumbuhan Balita Usia 0-24 Bulan di Posyandu Padukuhan Jirak pada Bulan Januari - Agustus 2019)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUTIA HUSNUN NURSIHHA
Nomor Induk Mahasiswa : 17106010016
Telah diujikan pada : Kamis, 19 Mei 2022
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

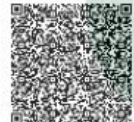
TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Mohammad Farhan Quadratullah, S.Si., M.Si
SIGNED

Valid ID: 62998296da186



Penguji I

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si.,
M.Si.
SIGNED

Valid ID: 628b4d003371e



Penguji II

Dr. Sugiyanto, S.Si., ST., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 629953ac1f885



Yogyakarta, 19 Mei 2022
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khunul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 629e3d6bd5431

HALAMAN PERSETUJUAN



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Peretujuan 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 : Mutia Husnun Nursihha

NIM : 17106010016


Judul Skripsi : Analisis Model Regresi Semiparametrik Birespon Untuk Data Longitudinal Dengan Estimator Spline Truncated

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, 21 April 2022
Pembimbing


Mohammad Fauzan Oudratullah, S.Si., M.Si.
NIP: 197909221008011011

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mutia Husnun Nursihha
NIM : 17106010016
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, 24 April 2022



Mutia Husnun Nursihha

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

Make Everythings Simpler

-MHN-



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam, dengan telah diselesaikannya Skripsi ini Penulis mempersembahkannya kepada:

1. Keluarga besar Penulis yang telah senantiasa membantu menyelesaikan skripsi ini.
2. Segenap *civitas* akademika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, staf pengajar, karyawan, dan seluruh mahasiswa semoga tetap semangat dalam beraktivitas mengisi hari-harinya di kampus Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Teman-teman Penulis baik itu teman kuliah seangkatan, adik kelas, kakak kelas pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, maupun teman-teman dari fakultas dan universitas lain yang telah banyak memberi masukan, semangat, dan arahan akhirnya dapat terselesaikan Skripsi ini.
4. Serta semua yang tidak bisa Penulis sebutkan satu persatu.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Model Regresi Semiparametrik Birespon Untuk Data Longitudinal Dengan Estimator Spline Truncated (Studi Kasus: Pertumbuhan Balita Usia 0-24 Bulan di Posyandu Padukuhan Jirak pada Bulan Januari-Agustus 2019)”** ini dengan baik. Sholawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, kepada para sahabatnya, dan semoga kita termasuk umatnya yang kelak mendapat syafaatnya di hari akhir.

Keberhasilan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan dan arahan dari berbagai pihak, baik itu berupa pikiran, gagasan, motivasi dan doa. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Phil. Al Makin S.Ag.,MA., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Muchammad Abrori, S.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta
4. Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si., selaku pembimbing skripsi yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman yang berharga kepada penulis, sehingga ilmu yang telah didapat mempermudah dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak/Ibu Dosen dan Staff Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga atas ilmu, bimbingan dan pelayanan selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini selesai.
6. Bapak Pardjana dan Ibu Sutarmi, selaku orang tua penulis yang telah memberikan kasih sayang, doa yang tulus dan memberikan dukungan tiada henti kepada penulis, yang selalu setia menemani dan merestui setiap langkah penulis.

7. Fiki Khoirotussihha, selaku adik penulis, serta semua saudara yang telah memberikan kasih sayang, perhatian, motivasi dan mendoakan, yang selalu setia menjadi tempat curahan dan mendukung setiap langkah penulis.
8. Sahabat-sahabat di rumah saya, Inayah Maysarah dan Savira Risky Kusumawardani yang selalu mendukung dan memberi semangat serta doa untuk penulis.
9. Yaya Agesta Santoso, yang selalu memberikan dukungan, perhatian, kasih sayang, dan doa kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan saya, Ratih Nur Fatimah, Fitriani Arifin, Putri Ayuning Tyas, Alfiah Fitriana, Muhammad Alfian Saputra, Fajar Wahyu Nurcholis dan Faizal Resky Pamungkas.
11. Teman-teman satu bimbingan yang selalu menjadi teman bercanda, berbagi keluhan, berbagi pikiran dan tentunya saling menyemangati serta memberikan motivasi sehingga penulis lebih bersemangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman prodi Matematika angkatan 2017 yang selalu menemani dan memberikan banyak pengalaman berharga selama ini.
13. Semua pihak yang memberikan dukungan dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT menerima amal kebaikan beliau sekalian dan memberikan balasan yang lebih baik. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penulis dapat membuat karya dengan lebih baik lagi. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca yang budiman.

Yogyakarta, 18 April 2022

Penulis

Mutia Husnun Nursihha

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Tinjauan Pustaka.....	7
1.7. Sistematika Penulisan	10
BAB II LANDASAN TEORI	12
2.1. Data.....	12
2.1.1 Jenis Data Berdasarkan Teknik Pengumpulan	12
2.1.2 Jenis Data Berdasarkan Waktu Pengumpulan	13
2.2. Aljabar Matrik	14
2.2.1 Operasi Matriks	15
2.2.2 Transpose Matriks	17
2.2.3 Matriks Simetris	18

2.2.4	Determinan Matriks	18
2.2.5	Invers Matriks.....	18
2.2.6	Jenis Matriks	19
2.3.	Analisis Korelasi.....	21
2.3.1	Korelasi Moment Pearson.....	22
2.3.2	Korelasi <i>Rank Spearman</i>	23
2.3.3	Korelasi Kendall Tau	24
2.3.4	Analisis Regresi	25
2.4.1	Regresi Parametrik	26
2.4.2	Regresi Nonparametrik	26
2.4.3	Regresi Semiparametrik.....	27
2.5.	Regresi Birespon.....	27
2.6.	Regresi Semiparametrik untuk Data Longitudinal	28
2.7.	Estimasi Spline Truncated.....	28
2.8.	Pemilihan Titik Knot Optimal	30
2.9.	Pemilihan Jumlah Titik Knot Optimal.....	30
2.10.	Kasus Homoskedastisitas dan Heteroskedastisitas	32
2.11.	Estimasi Parameter <i>Weighted Least Square (WLS)</i>	32
2.12.	Uji Glejser.....	33
2.13.	Pertumbuhan Balita	34
2.14.	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Balita.....	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		37
3.1.	Metode Penelitian	37
3.2.	Sumber Data Penelitian.....	37
3.3.	Variabel Penelitian.....	37
3.4.	Struktur Data Penelitian	38
3.5.	Langkah-Langkah Analisis	39
3.6	Flowchart	41
BAB IV PEMBAHASAN.....		42
4.1.	Model Regresi Semiparametrik Birespon untuk Data Longitudinal	42
4.2.	Estimasi Model Regresi Semiparametrik Birespon untuk Data Longitudinal dengan Estimator <i>Spline Truncated</i>	43

4.3. Evaluasi Model.....	50
BAB V STUDI KASUS.....	52
5.1 Deskripsi Data	52
5.2 Deskripsi Variabel Respon dan Variabel Prediktor Pertumbuhan Balita Usia 0 – 24 Bulan di Posyandu Padukuhan Jirak.....	53
5.2.1 Hubungan antara Variabel Respon Pertama dan Variabel Respon Kedua 55	
5.2.2 Hubungan antara Masing-Masing Variabel Prediktor dengan Kedua Variabel Respon	56
5.3 Analisis Regresi Semiparametrik Birespon untuk Data Longitudinal dengan Estimator <i>Spline Truncated</i>	58
5.4 Kesimpulan Hasil Analisis Model.....	66
BAB VI PENUTUP.....	68
6.1 Kesimpulan.....	68
6.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka	9
Tabel 2.1 Kategori Keeratan Korelasi	21
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	38
Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian.....	38
Tabel 5.1 Karakteristik Pertumbuhan Balita Usia 0-24 Bulan di Posyandu Padukuhan Jirak Bulan Januari-Agustus 2019	53
Tabel 5.2 Kombinasi Orde Polinomial, Jumlah Titik knot, Letak Titik Knot,	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Data Cross Sectional.....	13
Gambar 2.2 Contoh Data Longitudinal.....	14
Gambar 5.1 Grafik data Pertumbuhan Balita (usia 0-24 bulan) di Posyandu Padukuhan Jirak Bulan Januari-Agustus 2019	52
Gambar 5.2 Diagram Batang Rata-rata Pertumbuhan Balita (usia 0-24) di Posyandu Padukuhan Jirak Bulan Januari-Agustus 2019	54
Gambar 5.3 Scatter Plot antar Variabel Respon.....	56
Gambar 5.4 Scatter Plot antara Variabel Respon dengan Jenis Kelamin	57
Gambar 5.5 Scatter Plot antara Variabel Respon dengan Usia	57
Gambar 5.6 Kurva Pertumbuhan Berat Badan Balita Perempuan.....	63
Gambar 5.7 Kurva Pertumbuhan Berat Badan Balita Laki-laki.....	63
Gambar 5.8 Kurva Tinggi Badan Balita Perempuan	64
Gambar 5.9 Kurva Tinggi Badan Balita Laki-laki	64
Gambar 5.10 Kurva Perbandingan Estimasi Berat Balita	65
Gambar 5.11 Kurva Perbandingan Estimasi Tinggi Badan Balita	66

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Arti
$y^{(1)}, y^{(2)}$: Variabel respon pertama dan kedua
$y_{ij}^{(r)}$: Variabel respon ke- r untuk subjek ke- i dan pengamatan ke- j
x_{ij}	: Variabel parametrik untuk subjek ke- i dan pengamatan ke- j
t_{ij}	: Variabel nonparametrik untuk subjek ke- i dan pengamatan ke- j
β	: Koefisien parameter regresi parametrik
$f(t_{ij})$: Fungsi regresi non parametrik
θ	: Koefisien parameter regresi non parametrik
ε_{ij}	: Residual acak
$E(\varepsilon)$: Ekspektasi dari residual acak
$Var(\varepsilon)$: Variansi dari residual acak
σ^2	: Variansi dari variabel respons
p	: Derajat polinomial
K	: Titik Knot
k	: Banyaknya knot
\tilde{Y}	: Vektor variabel respon berukuran $2n \times 1$

\mathbf{X}	:	Matrik berukuran $2n \times 4$
$\tilde{\beta}$:	Vektor pada komponen parametrik berdimensi 4×1
\mathbf{Z}	:	Matrik berukuran $2n \times (2 + p_1 + p_2 + 2k)$
$\tilde{\theta}$:	Vektor pada komponen nonparametrik berdimensi $(2 + p_1 + p_2 + 2k) \times 1$
\mathbf{W}	:	Matriks pembobot
A_{semipar}	:	Matriks penghalus
λ	:	Parameter penghalus

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penelitian.....	75
Lampiran 2. Program Uji Korelasi Pearson dan Scatter Plot.....	78
Lampiran 3. Program Identifikasi Kombinasi Orde Polinomial, Jumlah Knot, Titik Knot, dan Lambda Optimal	80
Lampiran 4. Program Estimasi Model Regresi Semiparametrik Birespon Berdasarkan Estimator Spline Truncated (Tanpa Pembobot).....	86
Lampiran 5. Program Uji Glesjer dan Penentuan Matrik Pembobot.....	93
Lampiran 6. Program Estimasi Model Regresi Semiparametrik Birespon Berdasarkan Estimator Spline Truncated (Dengan Pembobot)	95
Lampiran 7. Output Program Uji Korelasi Pearson.....	102
Lampiran 8. Output Program Identifikasi Kombinasi Orde Polinomial, Jumlah Knot, Titik Knot, dan Lambda Optimal	103
Lampiran 9. Output Program Estimasi Model Regresi Semiparametrik Birespon Berdasarkan Estimator Spline Truncated (Tanpa Pembobot).....	105
Lampiran 10. Output Program Uji Glesjer dan Penentuan Matrik Pembobot	111
Lampiran 11. Output Program Estimasi Model Regresi Semiparametrik Birespon Berdasarkan Estimator Spline Truncated (Dengan Pembobot)	112

**ANALISIS MODEL REGRESI SEMIPARAMETRIK BIRESPON UNTUK
DATA LONGITUDINAL DENGAN ESTIMATOR SPLINE TRUNCATED
(Studi Kasus: Pertumbuhan Balita Usia 0-24 Bulan di Posyandu Padukuhan
Jirak pada Bulan Januari-Agustus 2019)**

Oleh: Mutia Husnun Nursihha

INTISARI

Analisis regresi merupakan suatu metode dalam ilmu statistika yang menganalisis pola hubungan secara fungsional antara variabel respon dan variabel prediktor melalui estimasi kurva. Terdapat dua pendekatan untuk mengestimasi kurva regresi yaitu pendekatan parametrik dan pendekatan nonparametrik. Terdapat pula penggabungan antara keduanya yang disebut dengan regresi semiparametrik. Estimator yang digunakan salah satunya adalah *spline truncated*. Dalam penelitian ini juga menggunakan analisis regresi birespon yang memiliki variabel respon lebih dari satu buah dan diantara variabel-variabel tersebut terdapat korelasi atau hubungan yang kuat. Teori yang dibahas mengenai estimasi model regresi semiparametrik birespon pada data longitudinal berdasarkan estimator *spline truncated* pada penelitian ini diterapkan pada data pertumbuhan balita usia 0 – 24 bulan dengan berat badan balita dan tinggi badan balita sebagai variabel respon, jenis kelamin balita sebagai komponen parametrik, dan usia balita sebagai komponen nonparametriknya. Pengukuran pertumbuhan balita sangat diperhatikan pada usia 0-24 bulan atau disebut sebagai periode emas. Hasil estimasi data pertumbuhan balita menggunakan *software R* diperoleh nilai MSE sebesar 2,967 dan nilai *R-square* sebesar 99,7% dan dapat disimpulkan bahwa rata-rata kenaikan pertumbuhan berat badan maupun tinggi badan balita lebih cepat pada usia sekitar 0-12 bulan, sedangkan perbandingan hasil estimasi rata-rata berat badan dan tinggi badan balita laki-laki lebih tinggi daripada perempuan masing-masing 0,112 kg dan 0,853 cm.

Kata Kunci: Birespon, Data Longitudinal, Pertumbuhan Balita, Regresi, Semiparametrik, *Spline Truncated*

**ANALYSIS OF BIRESPONSE SEMIPARAMETRIC REGRESSION
MODEL FOR LONGITUDINAL DATA USING A TRUNCATED SPLINE
ESTIMATOR**

**(Case Study: Growth of Toddler Age 0-24 Months at Posyandu Padukuhan
Jirak in January-August 2019)**

By: Mutia Husnun Nursihha

ABSTRACT

Regression analysis is a statistical method that analyzes the pattern of functional relationships between response variables and predictor variables through curve estimation. There are two approaches to estimating the regression curve, namely the parametric approach and the nonparametric approach. There is also a combination of the two which is called semiparametric regression. One of the estimators used is *a truncated spline*. This study also uses biresponse regression analysis which has more than one response variable and between these variables there is a strong correlation or relationship. The theory discussed regarding the estimation of the semiparametric biresponse regression model on longitudinal data based on the *spline truncated* in this study was applied to growth data for toddlers aged 0-24 months with toddler weight and height as response variables, toddler gender as a parametric component, and age. toddlers as its nonparametric component. The measurement of toddler growth is very important at the age of 0-24 months or referred to as the golden period. The results of the estimation of toddler growth data using *R software* obtained an MSE value of 2,967 and an *Rsquare* of 99.7% and it can be concluded that the average increase in weight and height growth of toddlers is faster at the age of 0-12 months, while the comparison the estimated average weight and height of boys under five were higher than girls by 0.112 kg and 0.853 cm, respectively.

Keywords: Biresponse, Longitudinal Data, Regression, Semiparametric, *Spline Truncated*, Toddler Growth

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Statistika adalah suatu disiplin ilmu yang mempelajari sekumpulan konsep dan metode pengumpulan, penyajian, analisis, dan interpretasi data, sampai pada pengambilan keputusan pada situasi di mana terdapat ketidakpastian (Qudratullah, 2013). Penyajian data yang berupa angka-angka dan analisis data tersebut merupakan salah satu fungsi statistika. Kata statistika berasal dari kata status (bahasa Latin) yang berarti negara. Pada mulanya, statistika hanya digunakan untuk menyajikan fakta, informasi atau data-data dengan angka-angka tentang masalah-masalah yang terjadi di suatu negara. Contoh: tentang kependudukan, perekonomian, pendidikan, dan lainnya. Pada saat ini, di kantor-kantor masih kita jumpai statistika berupa laporan-laporan yang menyajikan data tentang suatu kegiatan menggunakan angka-angka. Contohnya statistika bidang pendidikan, pertanian, kesehatan masyarakat, keluarga berencana, status perkawinan, kependudukan, dan lainnya.

Pengklasifikasian data berdasarkan dimensi waktu dibagi menjadi dua jenis data yaitu data *cross sectional* dan data longitudinal. Data *cross sectional* merupakan suatu data yang diperoleh dari suatu penelitian yang hanya dilakukan pada waktu tertentu, sedangkan data longitudinal adalah suatu data yang diperoleh dari penelitian yang melibatkan pengukuran berulang dari sampel individu selama periode waktu tertentu. Data *cross sectional* memiliki kekurangan yaitu ketidakmampuan dalam mengetahui karakteristik dari suatu hal dalam keberlanjutan tertentu (Miller, 1998). Oleh karena itu, diperlukan jenis data penelitian yang lebih realistis dalam menggambarkan variasi perubahan diantara individu dalam periode waktu yang berbeda yaitu data longitudinal. Penelitian yang menggunakan data longitudinal biasanya lebih kompleks dan membutuhkan biaya yang lebih besar daripada penelitian yang menggunakan data *cross sectional*. Namun, penelitian yang menggunakan data longitudinal lebih andal dalam mencari jawaban tentang dinamika perubahan data (Nurdini, 2006).

Pada proses analisis data menggunakan teknik statistik, ada beberapa pertimbangan, persyaratan, dan asumsi yang harus dipenuhi. Pertimbangan penting yang harus diperhatikan adalah jenis data atau skala pengukuran yang melekat pada data tersebut. Dalam analisis statistik, salah satu tujuannya adalah menguji ukuran populasi melalui data sampel, atau menguji parameter populasi melalui statistik. Analisis regresi merupakan suatu metode dalam ilmu statistika yang menganalisis pola hubungan secara fungsional antara variabel respon dan variabel prediktor melalui estimasi kurva. Regresi merupakan pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan fungsi. Diperlukan pemisahan yang tegas antar variabel bebas dan terikat, biasanya disimbolkan dengan x dan y .

Pada regresi harus ada variabel yang ditentukan dan variabel yang menentukan atau dengan kata lain, adanya ketergantungan antara variabel yang satu dan variabel lainnya. Kedua variabel dalam regresi biasanya bersifat kausal atau sebab akibat yaitu saling berpengaruh. Dengan demikian, regresi merupakan bentuk fungsi tertentu antara variabel terikat y dan variabel bebas x atau dapat dinyatakan bahwa regresi adalah suatu hubungan fungsi $y = f(x)$.

Terdapat dua pendekatan untuk mengestimasi kurva regresi yaitu pendekatan parametrik dan pendekatan nonparametrik. Pendekatan parametrik digunakan apabila sudah ada asumsi terhadap fungsi regresi dan diperlukan pengetahuan tentang karakteristik data yang diselidiki sebelumnya, sedangkan pendekatan nonparametrik digunakan apabila informasi mengenai bentuk fungsi regresi tidak diketahui atau terikat oleh asumsi tertentu, sehingga data diharapkan mencari sendiri bentuk estimasinya tanpa dipengaruhi oleh subyektifitas dari peneliti (Yolandika, 2011), tetapi di dalam beberapa kasus riil, terdapat variabel respon yang pola kurvanya diketahui dengan satu variabel prediktor, tetapi dengan variabel prediktor lainnya yang belum diketahui bentuk pola hubungannya. Sehingga untuk mengetahui model fungsi tersebut diperlukan suatu pendekatan yang menggabungkan antara regresi parametrik dan nonparametrik yang disebut dengan regresi semiparametrik. Regresi semiparametrik digunakan jika pola hubungan antara sekumpulan variabel independen terhadap variabel dependen ada yang

polanya diketahui dan ada pula yang polanya tidak dapat diketahui (Budiantara, 2012).

Masalah estimasi pada regresi semiparametrik muncul karena adanya komponen nonparamterik berupa fungsi yang tidak diketahui bentuknya. Oleh karena itu, hampiran terhadap bentuk fungsi tersebut dapat dilakukan dengan lebih dari satu bentuk fungsi. Beberapa diantaranya adalah Kernel, *Spline Truncated*, Lokal Linier, Polinomial Lokal, Deret Ortogonal, Deret Fourier, dan lain-lain. Dari beberapa estimator tersebut, *Spline Truncated* merupakan suatu pendekatan baru yang mempunyai interpretasi statistik dan interpretasi visual yang sangat baik, disamping itu juga mampu menangani karakter data yang bersifat mulus (*smooth*). Estimator *spline truncated* secara teoritis dan praktis tidak hanya mampu menangani data *cross sectional*, tetapi dapat digeneralisasikan untuk data longitudinal (Sriliana, 2012).

Penelitian mengenai model semiparametrik dengan estimator *spline truncated* telah banyak dilakukan, namun penelitian yang menyangkut estimator model *spline truncated* dalam regresi nonparametrik dengan respon lebih dari satu belum banyak dikembangkan. Persoalan dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai pemodelan regresi dengan lebih dari satu variabel respon dan salah satu pola kurvanya tidak diketahui . Salah satu analisis regresi yang dapat digunakan untuk memodelkan kasus tersebut adalah model regresi birespon. Tujuannya adalah untuk mendapatkan model yang lebih baik. Dalam penelitian ini juga menggunakan analisis regresi birespon. Regresi birespon didefinisikan sebagai salah satu model regresi yang memiliki variabel respon lebih dari satu buah dan diantara variabel-variabel tersebut terdapat korelasi atau hubungan yang kuat, baik secara logika maupun matematis (Similia, 2007). Birespon merupakan masalah yang menarik untuk dibahas karena variabel-variabel responnya saling berkorelasi.

Teori yang dibahas mengenai estimasi model regresi semiparametrik birespon pada data longitudinal berdasarkan estimator *spline truncated* pada skripsi ini diterapkan pada data pertumbuhan balita usia 0 – 24 bulan. Pertumbuhan berat badan dan tinggi badan balita secara umum mengalami perubahan pada batas usia

tertentu. Pada batas usia tertentu pertumbuhan berat dan tinggi badan balita sangat cepat dan setelah usia tersebut cenderung melambat (Wicaksono, 2012). Pengukuran pertumbuhan balita sangat diperhatikan pada usia 0 sampai 24 bulan atau disebut sebagai periode emas. Jika terdapat gangguan pertumbuhan balita pada periode ini maka tidak saja berdampak terhadap pertumbuhan fisik anak, melainkan juga perkembangan kognitif dan kecerdasan lainnya. Masa balita merupakan masa dengan pertumbuhan yang sangat pesat dan kritis, biasanya dikenal dengan istilah *golden age* atau masa emas.

Masalah gizi, khususnya pada balita, menjadi masalah besar karena berkaitan erat dengan indikator kesehatan umum seperti tingginya angka kesakitan serta angka kematian bayi dan balita. Masalah kekurangan gizi sangat umum terjadi pada anak-anak terutama balita, dikarenakan balita sedang mengalami proses pertumbuhan yang sangat pesat sehingga memerlukan zat-zat makanan yang relatif banyak dan kualitas yang tinggi (Achmad Djaeni, 1999). Aspek pertumbuhan dan perkembangan pada balita saat ini adalah salah satu aspek yang diperhatikan secara serius oleh para ahli kesehatan., karena hal tersebut merupakan aspek yang menjelaskan mengenai proses pembentukan seseorang, baik secara fisik maupun psikososial.

Pertumbuhan adalah bertambahnya ukuran fisik (anatomi) dan struktur tubuh (IDAI, 2002). Untuk mengetahui bagaimana pola tumbuh kembang anak, harus diukur tinggi badannya secara berkala sekurang-kurangnya setahun sekali. Bagi Puskesmas atau Posyandu diharapkan tidak hanya menimbang berat badan anak, tetapi juga mengukur untuk dinilai apakah normal pertumbuhannya. Dengan begitu orang tua yang menemui kejanggalan dapat segera berkonsultasi dengan dokter (Elizabeth Tara, 2004;40). Deteksi pertumbuhan dimulai dengan cara pengukuran dan penggunaan kurva pertumbuhan yang baku. Diharapkan dengan menilai pola pertumbuhan serta melakukan beberapa analisis serta pemeriksaan tertentu, jumlah balita yang menderita hambatan pertumbuhan di suatu daerah dapat segera terlihat dalam jangka pendek dan dapat segera diteliti lebih jauh apa sebabnya dan dapat segera mengambil tindakan penanganannya.

Pada penelitian ini membahas mengenai estimator *spline truncated* dalam model regresi semiparametrik birespon dengan variabel-variabel responnya saling berkorelasi dan menggunakan data longitudinal dengan setiap subyek diamati berulang kali dalam periode waktu yang berbeda. Penerapan dari algoritma penelitian di atas tidak dapat dilakukan secara manual, sehingga diperlukan bantuan *software* statistika untuk penyelesaiannya. *Software* statistika yang digunakan dalam skripsi ini adalah R Studio.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana langkah-langkah mengestimasi model regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal dengan estimator *spline truncated*?
2. Bagaimana penerapan hasil estimasi model regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal pada data pertumbuhan balita usia 0 – 24 bulan di Posyandu Padukuhan Jirak pada bulan Januari – Agustus 2019 dengan estimator *spline truncated*?
3. Bagaimana interpretasi dari hasil estimasi model regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal pada data pertumbuhan balita usia 0 – 24 bulan di Posyandu Padukuhan Jirak pada bulan Januari – Agustus 2019 dengan estimator *spline truncated*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ini dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengestimasi model regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal dengan estimator *spline truncated*.
2. Menerapkan hasil estimasi model regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal pada data data pertumbuhan balita usia 0 – 24 bulan di Posyandu Padukuhan Jirak pada bulan Januari – Agustus 2019 dengan estimator *spline truncated*.

3. Menginterpretasikan hasil estimasi model regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal pada data pertumbuhan balita usia 0 – 24 bulan di Posyandu Padukuhan Jirak pada bulan Januari – Agustus 2019 dengan estimator *spline truncated*.

1.4. Batasan Masalah

Ruang lingkup dalam penelitian ini akan dibatasi agar tidak keluar dari permasalahan, maka batasan masalah yang peneliti berikan adalah teori pemodelan regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal dengan estimator *Spline Truncated* yang hanya dikembangkan pada satu variabel prediktor yang diasumsikan memenuhi asumsi komponen nonparametrik dan satu variabel prediktor yang diasumsikan memenuhi asumsi komponen parametrik yang diterapkan pada data pertumbuhan balita usia 0 – 24 bulan di Posyandu Padukuhan Jirak pada bulan Januari – Agustus 2019. Untuk menunjang analisis data, penulis menggunakan bantuan *software* R Studio.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagi penulis, penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan keilmuan mengenai analisis regresi semiparametrik birespon pada data longitudinal dengan estimator *spline truncated*.
2. Bagi pembaca, penelitian ini diharapkan dapat dijadikan informasi dan menambah wawasan pengetahuan yang bermanfaat untuk mengetahui cara mengestimasi sebuah model regresi semiparametrik birespon berdasarkan *spline truncated*.
3. Bagi Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang statistika dan menjadi bahan acuan atau rujukan pada penelitian-penelitian selanjutnya.

1.6 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka pada penelitian ini berdasarkan penelusuran dan pencarian terhadap penelitian-penelitian sebelumnya melalui buku, makalah, jurnal, skripsi, dan sumber lainnya yang terdapat relevansi dengan objek pembahasan dalam penelitian. Penelitian yang berkaitan dengan pemodelan regresi semiparametrik birespon berdasarkan *spline truncated* adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian yang ditulis Siti Fadhilla Femadiyanti, Suparti, dan Budi Warsito (2014) dalam Jurnal Gaussian yang berjudul *Pemodelan Jub dan BI Rate Terhadap Inflasi dan Kurs Rupiah Menggunakan Regresi Semiparametrik Birespon Berdasarkan Estimator Penalized Spline*, menjelaskan tentang metode untuk mendeteksi hubungan antara inflasi dan nilai tukar dengan JUB dan BI Rate menggunakan regresi semiparametrik birespon dengan estimasi *penalized spline*. Koefisien regresi semiparametrik birespon *spline* diestimasi menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS) yang ditentukan berdasarkan derajat polinomial, jumlah dan letak titik simpul optimal, dan λ optimal yang ditentukan berdasarkan *Generalized Cross Validation* (GCV). Penelitian ini menggunakan program R.
2. Pada penelitian yang ditulis oleh Dodik Andrianto (2017) dalam tugas akhirnya yang berjudul *Estimasi Model Regresi Semiparametrik Birespon Multiprediktor Berdasarkan Estimator Penalized Spline*, menjelaskan tentang metode untuk mendapatkan bentuk model regresi semiparametrik birespon multiprediktor dengan menggunakan estimator *penalized spline* dalam mengestimasi kurva regresi nonparametriknya serta mengembangkan pula algoritma dan pemogramannya untuk implementasi pada data. Data yang digunakan pada pengimplementasian adalah data pasien di RSUD Haji Surabaya dengan tekanan darah sistolik dan diastolik sebagai variabel respon, LDL dan HDL sebagai variabel prediktor. Hasil estimasi data tekanan darah menggunakan *software* OSS-R diperoleh nilai MSE dan R-square untuk pemodelan yaitu masing-masing sebesar 136,5604 dan 91,23%.

3. Pada penelitian yang ditulis Dewanti, dkk (2020) dalam Jurnal Statistika yang berjudul *Pemodelan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dan Jakarta Islamic Index (JII) Menggunakan Regresi Birespon Spline Truncated Berbasis GUI R*, menjelaskan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pergerakan IHSG dan JII yang dapat dianalisis menggunakan regresi birespon dengan pendekatan nonparametrik *spline truncated*. Penulis mengembangkan GUI dengan *software R* untuk memodelkan data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dan *Jakarta Islamic Index (JII)* berdasarkan dua faktor yang mempengaruhinya yaitu inflasi dan *Dow Jones Industrial Average (DJIA)* dengan metode regresi nonparametrik *spline truncated* dengan pembobot invers matriks variansi kovariansi respon.
4. Pada penelitian yang ditulis oleh Gesia Fifi Yekonia (2021) dalam tugas akhirnya yang berjudul *Regresi Semiparametrik Birespon Menggunakan Estimator Truncated Spline* menjelaskan tentang model regresi semiparametrik birespon menggunakan estimator *truncated spline* dalam mengestimasi kurva regresi nonparametriknya serta mengimplementasikannya pada data riil menggunakan *software R*. Data yang digunakan adalah data sekunder 34 provinsi di Indonesia tahun 2019, dengan presentasi penduduk miskin dan indeks kedalaman kemiskinan sebagai variabel respon, rata-rata lama sekolah dan persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak sebagai variabel prediktor komponen parametrik, dan harapan lama sekolah, persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sumber air minum layak, dan tingkat pengangguran terbuka sebagai variabel prediktor komponen nonparametrik. Estimasi model persentase penduduk miskin dan indeks kedalaman kemiskinan menghasilkan nilai MSE sebesar 2,692663 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 92,18315%.

Persamaan penelitian yang ditulis oleh Yekonia, Andrianto, dan Femadayanti dkk dengan penelitian ini terletak pada model regresi yang digunakan

yaitu regresi semiparametrik birespon dengan pendekatan *spline*. Perbedaannya terletak pada jenis data yang digunakan. Pada penelitian ini, model regresi semiparametrik birespon *spline* diterapkan pada data longitudinal, yaitu data pertumbuhan balita usia 0-24 bulan di Posyandu Padukuhan Jirak bulan Januari-Agustus 2019. Sedangkan pada penelitian Yekonia diterapkan pada data *cross sectional* yaitu data Persentase Kemiskinan Dan Indeks Kedalaman Kemiskinan di 34 Provinsi di Indonesia tahun 2019, pada penelitian Andrianto diterapkan pada data Data pasien di RSUD Haji Surabaya. Lalu pada penelitian Femadayanti, dkk diterapkan pada data Inflasi, Kurs, JUB, dan Suku Bunga pada tahun 2006 – 2019.

Pada penelitian yang ditulis oleh Dewanti, dkk dengan penelitian ini memiliki persamaan pada estimator yang digunakan yaitu *spline*. Perbedaannya adalah model regresi yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan model regresi semiparametrik birespon, sedangkan pada penelitian Dewanti, dkk menggunakan model regresi nonparametrik birespon. Selain itu, terdapat perbedaan pada data yang digunakan pada penelitian ini adalah data longitudinal, sedangkan pada penelitian Dewanti, dkk menggunakan data *time series*.

Dari keempat penelitian di atas, dapat dilihat secara detail pada tabel 1.2. yang ada di bawah ini:

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka

No.	Nama Peneliti	Model Regresi	Data	Sumber Data
1.	Femadayanti, dkk (2014)	Semiparametrik Birespon <i>Penalized Spline</i>	Data Inflasi, Kurs, JUB, dan Suku Bunga pada tahun 2006 - 2019	Data Sekunder
2.	Andrianto (2017)	Semiparametrik Birespon Multiprediktor <i>Penalized Spline</i>	Data pasien di RSUD Haji Surabaya	Data Sekunder

3.	Dewanti, dkk (2020)	Nonparametrik Birespon <i>Spline</i>	Data IHSG dan JII tahun 2016 - 2018	Data Sekunder
4.	Yekonia (2021)	Semiparametrik Birespon <i>Spline Truncated</i>	Data Persentase Kemiskinan Dan Indeks Kedalaman Kemiskinan di 34 Provinsi di Indonesia tahun 2019	Data Sekunder
5.	Mutia Husnun Nursihha (2022)	Semiparametrik Birespon <i>Spline Truncated</i>	Data pertumbuhan balita usia 0-24 bulan di Posyandu Padukuhan Jirak bulan Januari- Agustus 2019	Data Primer

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah memahami penulisan secara keseluruhan, penyusunan skripsi ini disajikan dalam sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, akan membahas tentang hal-hal yang melatar belakangi penulis dalam menyusun penelitian ini, pembatasan masalah yang diangkat, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan tinjauan pustaka yang merupakan acuan dalam penyusunan penelitian ini, serta sistematika penulisan sebagai gambaran sederhana dari penelitian ini secara umum.

2. BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini, berisi tentang teori-teori yang menunjang atau membantu sebagai penguat pembahasan analisis dalam penelitian yang dilakukan terkait analisis data dengan menggunakan regresi nonparametrik birespon berdasarkan *spline truncated*.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini, akan dibahas tentang cara, metode, atau langkah-langkah analisis yang digunakan dalam penelitian, serta memuat sumber data dan identifikasi variabel yang digunakan.

4. **BAB IV PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai metode analisis yang diteliti, dalam hal ini adalah yang terkait dengan analisis regresi nonparametrik birespon berdasarkan *spline truncated*.

5. **BAB V STUDI KASUS**

Pada bab ini akan dilakukan analisis terhadap simulasi yang dilakukan dalam penelitian dengan menggunakan metode yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

6. **BAB VI PENUTUP**

Pada bab ini berisikan kesimpulan-kesimpulan dari pembahasan yang dapat menjawab rumusan masalah dan saran atas kekurangan dalam penelitian yang berkaitan dengan kesimpulan tersebut.



BAB VI PENUTUP

Analisis regresi semiparametrik birespon dengan estimator *spline truncated* telah dijelaskan dalam pembahasan dan dilakukan penerapan dengan menggunakan data pertumbuhan balita usia 0 – 24 bulan di Posyandu Padukuhan Jirak pada bulan Januari – Agustus 2019, sehingga diperoleh kesimpulan dan saran sebagai berikut:

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berikut ini adalah langkah-langkah analisis regresi semiparametrik birespon dengan estimator *spline truncated*:
 - a. Menentukan variabel-variabel yang akan dianalisis menggunakan regresi semiparametrik birespon dengan estimator *spline truncated*.
 - b. Mengestimasi dengan menentukan kombinasi derajat polinomial *spline truncated* dan menggerakkan kombinasi vektor knot dan banyak knot sampai diperoleh nilai GCV kemudian dicari nilai GCV yang minimum.
 - c. Menguji heterokedastisitas dan homoskedastisitas dari variabel residul
 - d. Menentukan matriks pembobot \mathbf{W} .
 - e. Menghitung estimasi $\tilde{\mathbf{Y}}$ dengan menentukan kombinasi derajat polinomial *spline truncated* dan menggerakkan kombinasi vektor knot dan banyak knot sampai diperoleh nilai GCV kemudian dicari nilai GCV yang minimum dengan matriks pembobot \mathbf{W} .
 - f. Membuat plot hasil estimasi balita laki-laki dan perempuan berdasarkan regresi semiparametrik birespon longitudinal dengan pendekatan *Spline truncated*.
 - g. Menghitung nilai *Mean Square Error* (MSE) dan *R-square*.

2. Hasil nilai estimasi model analisis regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal dengan estimator *spline truncated* respon 1 sebagai berikut:

$$y_i^{(1)} = (-2,545411e-15) + 0,1124x_1 + 4,8725 + 0,302t_1 - 0,0538(t_1 - 13)_+$$

dengan

$y_i^{(1)}$: Variabel respon ke-1 (berat badan balita)

x_1 : Variabel komponen parametrik (jenis kelamin balita)

t_1 : Variabel komponen nonparametrik (usia balita)

Hasil nilai estimasi model analisis regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal dengan estimator *spline truncated* respon 2 sebagai berikut:

$$y_i^{(2)} = (7,257192e-16) + 0,8534x_1 + 50,9919 + 2,3121t_1 - 0,0521(t_1 - 13)_+^2$$

dengan

$y_i^{(2)}$: Variabel respon ke-1 (tinggi badan balita)

x_1 : Variabel komponen parametrik (jenis kelamin balita)

t_1 : Variabel komponen nonparametrik (usia balita)

3. Hasil estimasi model regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal pada data pertumbuhan balita usia 0-24 bulan di Posyandu Padukuhan Jirak pada bulan Januari-Agustus 2019 dengan estimator *spline truncated* menunjukkan bahwa titik dimana terjadi perubahan perilaku pertumbuhan berat badan dan tinggi badan balita berada pada usia 13 dengan diperoleh MSE sebesar sebesar 2,967 dan nilai *R-square* sebesar 99,7%. Rata-rata kenaikan pertumbuhan berat badan maupun tinggi badan balita lebih cepat pada usia sekitar 0-12 bulan, sedangkan perbandingan hasil estimasi rata-rata berat badan dan tinggi badan balita laki-laki lebih tinggi daripada perempuan masing-masing 0,112 kg dan 0,853 cm.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam skripsi ini, saran yang diberikan sebagai berikut:

1. Secara teori perlu dikembangkan teori mengenai analisis regresi semiparametrik birespon untuk data longitudinal dengan estimator *splien truncated* dengan variabel prediktor yang lebih dari satu baik komponen parametrik maupun non parametrik.
2. Secara terapan bisa mencari lebih banyak faktor pertumbuhan balita untuk dijadikan variabel penelitian dan menambahkan banyak orde ataupun titik knot yang digunakan dalam menganalisis data.

DAFTAR PUSTAKA

- Algifari. 2009. *Analisis Statistik Untuk Bisnis Dengan Regresi, Korelasi, dan Nonparametrik*. Edisi Pertama. Yogyakarta: BPFE.
- Andrianto, D., 2017, *Estimasi Model Regresi Semiparametrik Birespon Multiprediktor Berdasarkan Estimator Penalized Spline*, Skripsi: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Anton, Howard. 1991. *Aljabar Linear Elementer*. Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.
- Azizah, Z., 2018, *Interval Konfidensi untuk Parameter Model Regresi Semiparametrik Birespon dengan Pendekatan Spline Truncated*, Tesis: Fakultas Matematika, Komputasi dan Sains Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Basri, H., 2009, *Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik pada Data Longitudinal dengan Pendekatan Spline*, Tesis: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Budiantara, I. N., 2012, *Penelitian Bidang Regresi Spline Menuju Terwujudnya Penelitian Statistika yang Mandiri dan Berkarakter*, Denpasar: Seminar Nasional FMIPA Undiksha Denpasar.
- Chamidah, A. N., 2009, *Deteksi Dini Gangguan Pertumbuhan dan Perkembangan Anak*, Jurnal Pendidikan Khusus 5(2).
- Djarwanto, 2001, *Statistik Nonparametrik Edisi Ketiga*, Yogyakarta: BPFE.
- Femadiyanti, S. F., Suparti, & Budi, W., 2020, *Pemodelan JUB dan BI Rate Terhadap Inflasi dan Kurs Rupiah Menggunakan Regresi Semiparametrik Birespon Berdasarkan Estimator Penalized Spline*, Jurnal Gaussian, Vol 9 No. 2, 204-216.
- Gujarati, D. N., 2004, *Basic Econometrics*, New York: McGraw-Hill.

- Greene, W. H., 2003, *Econometrics Analisis*, Fifth Edition, New Jersey: Prentice Hall.
- Johannes, & Budiono, 1994, *Pengantar Matematika untuk Ekonomi*, Jakarta: LP3ES.
- Kariadinata, R., 2013, *Aljabar Matriks Elementer*, Bandung: CV Pustaka Setia.
- Kurniawan, R dan Yuniarto B. 2016. *Analisis Regresi: Dasar dan Penerapannya dengan R*. Edisi Pertama. Depok: Prenada Media Group.
- Mardianto, M. F. F., 2015, *Model Regresi Semiparametrik Birespon dengan Pendekatan Deret Fourier*, Tesis: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Miller, S. A., 1998, *Developmental Research Methods (2nd edn)*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Ningrum, S. M., 2020, *Estimator Kernel Gaussian, Kernel Epanechnikov dan Kernel Kuartik dalam Model Regresi Semiparametrik*, Skripsi: Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Nurdiani, N., Nar, H., & Dadan, D., 2017, *Regresi Nonparametrik Birespon Spline*, Jurnal Eureka Matika, Vol 5 No. 1.
- Nurdini, A., 2006, *Cross Sectional Vs Longitudinal: Pilihan Rancangan Waktu dalam Penelitian Perumahan Pemukiman*, Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur 34 (1), 52-58.
- Qudratullah, M. F., 2013, *Analisis Regresi Terapan: Teori, Contoh Kasus & Aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Qudratullah, M. F., 2017, *Statistika Nonparametrik Terapan: Teori, Contoh Kasus & Aplikasi dengan IBM SPSS*, Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Rahayu, S., 2014, *Pertumbuhan dan Perkembangan Balita di Posyandu Surakarta*, Jurnal Terpadu Ilmu Kesehatan, 3(1) Mei 2014.

- Resmawan. 2017. *Aljabar Linear Elementer Matriks dan Operasi Matriks*. Program Studi Matematika Universitas Negeri Gorontalo.
- Roflin, E., & Ferani, E. Z., 2021, *Kupas Tuntas Analisis Korelasi*, Penerbit NEM.
- Ruppert, D., Wand, M. P., & carrol, R. J., 2003, *Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics: Semiparametrik Regression*. New York: Cambridge University Press.
- Sari, B. K., 2018, *Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Belanja Daerah di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Regresi Semiparametrik Spline*, Skripsi: Fakultas Matematika, Komputasi dan Sains Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sarvina, Y., 2017, *Pemanfaatan Software Open Source "R" untuk Penelitian Agroklimat*, Jurnal Informatika Pertanian, Vol 26 No. 1.
- Simillia, T, 2007, *Input Selection and Shrinkage in Multiresponse Linear Regression*.
- Sriliana, I, 2012, *Regresi Semiparametrik untuk Data Longitudinal dengan Pendekatan Spline Truncated*, Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Sugiyono, 2008, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supangat, A., 2007, *Statistika dalam Kajian Deskriptif, Inferensi dan Nonparametrik*, Jakarta: Predana Media.
- Umam, K., 2018, *Interval Konfidensi Parameter Regresi Nonparametrik Spline Truncated untuk Data Longitudinal*, Tesis: Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Umi, Narimawati, 2008, *Metodologi Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif, Teori dan Aplikasi*, Bandung: Agung Medi.

- Walpole, R. E., 1995, *Pengantar Statistika Terjemahan B. Sumantri*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Wibowo, W., Sri, H., & Budiantara, I. N., 2013, *Kajian Metode Estimasi Parameter dalam Regresi Semiparametrik Spline*, Jurnal Berkala MIPA 23(1).
- Wu, H., & Zhang, J. T., 2006, *Nonparametric Regression Method for Longitudinal Data Analysis: Mixed Effects Modeling Approach*, New York: John Wiley and Sons.
- Yinosumarto, 1985, *Regresi dan Korelasi Teori dan Penggunaannya*, Universitas Brawijaya Malang.
- Yolandika, B. C., 2011, *Estimasi Model Regresi Nonparametrik Birespon Berdasarkan Estimator Penalized Spline*, Surabaya: Skripsi Fakultas Science and Technology, Universitas Airlangga, Surabaya.