

**SKRIPSI**

**PEMILIHAN MODEL TERBAIK  
REGRESI NONPARAMETRIK DERET FOURIER  
MENGUNAKAN METODE *GENERALIZED CROSS  
VALIDATION (GCV) DAN CROSS VALIDATION (CV)***

(Studi Kasus: Data Kemiskinan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur

Tahun 2018-2020)



**YUNI PRATIWI**

**NIM 19106010024**

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

**2023**

**PEMILIHAN MODEL TERBAIK  
REGRESI NONPARAMETRIK DERET FOURIER  
MENGUNAKAN METODE *GENERALIZED CROSS  
VALIDATION (GCV) DAN CROSS VALIDATION (CV)***

(Studi Kasus: Data Kemiskinan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur

Tahun 2018-2020)



**SKRIPSI**

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Memperoleh  
Derajat Sarjana S1 Program Studi Matematika (S.Mat)

Disusun Oleh:

**YUNI PRATIWI**

**NIM 19106010024**

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

**2023**

## HALAMAN PERSETUJUAN



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

### 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 : Yuni Pratiwi

NIM : 19106010024

Judul Skripsi : Pemilihan Model Terbaik Regresi Nonparametrik Deret Fourier Menggunakan Metode *Generalized Cross Validation* (GCV) dan *Cross Validation* (CV) (Studi Kasus: Data Kemiskinan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2020)

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 dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 28 Juli 2023

Pembimbing

Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si

NIP. 197909222008011011

# 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-2107/Un.02/DST/PP.00.9/08/2023

Tugas Akhir dengan judul : PEMILIHAN MODEL TERBAIK REGRESI NONPARAMETRIK DERET FOURIER  
MENGUNAKAN METODE GENERALIZED CROSS VALIDATION (GCV) DAN  
CROSS VALIDATION (CV) (Studi Kasus: Data Kemiskinan Menurut Kabupaten/Kota  
di Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2020)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : YUNI PRATIWI  
Nomor Induk Mahasiswa : 19106010024  
Telah diujikan pada : Kamis, 03 Agustus 2023  
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  
SIGNED

Valid ID: 64d6fa318d10b



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

Valid ID: 64d30efa79e54



Penguji II  
Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 64d5cfa065f4



Yogyakarta, 03 Agustus 2023  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 64d9d8d65a41b

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yuni Pratiwi  
NIM : 19106010024  
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, 28 Juli 2023



METERAI  
TEMPEL  
023AKX571070603  
Yuni Pratiwi

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **MOTTO**

“Even if dream breaks down, don’t run away. Because the dawn right before sunrise is the darkest. In the distant future, never forget who you are right now. Wherever you are right now, you’re just taking a break. Don’t give up, you know.”

*-Bangtan Boys-*

## **PERSEMBAHAN**

Saya persembahkan skripsi ini kepada kedua orang yang paling saya sayangi dan saya banggakan di dunia ini, yaitu kepada Bapak dan Ibu saya yang selalu mendoakan, menemani, dan menghibur saya saat lelah. Pak, pasti Bapak bangga di surga karena saya sudah selesai dengan misi yang cukup melelahkan ini.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbi'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis. Sehingga, penulis diberikan kekuatan, kesabaran, kesehatan, dan kemudahan untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul “PEMILIHAN MODEL TERBAIK REGRESI NONPARAMETRIK DERET FOURIER MENGGUNAKAN METODE *GENERALIZED CROSS VALIDATION* (GCV) DAN *CROSS VALIDATION* (CV) (Studi Kasus: Data Kemiskinan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2020)”. Skripsi ini merupakan syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Matematika (S.Mat) di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa selama proses pembuatan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan semangat dari berbagai pihak. Maka dari itu, ucapan terima kasih secara khusus ditujukan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan penulis semangat, kemudahan, serta kesabaran untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Muchammad Abrori S.Si., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak Dr. Sugiyanto, S.Si., ST., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Mohammad Farhan Quadratullah, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan nasihat untuk skripsi ini.
6. Kedua orang tua (Alm. Bapak Suwan dan Ibu Siti) yang selalu menemani, memberikan dukungan serta doa yang tidak pernah berhenti kepada penulis. Terima kasih banyak, Bu, Pak.

7. Kakak tersayang, Vita Andyani dan Galih Fernando, serta keponakan penulis yang sangat penulis cintai Reynovan Denan Fernando yang selalu memotivasi penulis.
8. Idola saya, Song Joong Ki, Kim Namjoon, Kim Seok Jin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung, dan Jeon Jungkook (BTS) yang telah memberikan motivasi serta dukungan secara tidak langsung melalui karya-karyanya.
9. Nazario Safariesqi Tyo Widjaya, yang selalu memberikan dukungan, semangat, nasihat, serta waktunya untuk menemani penulis menyelesaikan skripsi. Terima kasih banyak, Tyo.
10. Teman-teman terdekat penulis, Kuki, Sheliea, Rifda, Via, Ayu, Puput, Endah, Lia, dan Yunita. Terima kasih atas semangat yang kalian berikan kepada penulis.
11. Teman-teman Matematika 2019 dan keluarga KKN 108 Senden yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Terima kasih atas kebersamaan dan pengalamannya selama ini.
12. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Terima kasih atas bantuan dan semangatnya kepada penulis.

Semoga semua doa, semangat, bantuan, dan dan perhatian yang telah diberikan pada penulis akan mendapatkan kebaikan yang berkali lipat oleh Allah SWT. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembaca dan menambah wawasan di kemudian hari.

Yogyakarta, 28 Juli 2023  
Penulis



**Yuni Pratiwi**  
**NIM 19106010024**



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xixx</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Batasan Masalah .....	4
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Tinjauan Pustaka.....	6
1.7 Sistematika Penulisan .....	10
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI .....</b>	<b>12</b>
2.1 Analisis Regresi .....	12

2.2	Analisis Regresi Linear Berganda .....	12
2.3	Metode Kuadrat Terkecil ( <i>Ordinary Least Square</i> ) .....	13
2.4	Asumsi dalam Analisis Regresi .....	16
2.4.1	Heteroskedastisitas.....	17
2.4.2	Autokorelasi.....	17
2.4.3	Multikolinearitas .....	18
2.4.4	Normalitas.....	19
2.5	Regresi Nonparametrik.....	19
2.6	Deret Fourier.....	20
2.6.1	Definisi Fungsi Periodik dan Deret Fourier.....	20
2.6.2	Fungsi Ganjil dan Fungsi Genap .....	21
2.6.3	Deret Fourier Sinus dan Deret Fourier Cosinus.....	22
2.7	Pemilihan Titik Knot Optimal .....	22
2.8	Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) .....	23
2.9	<i>Generalized Cross Validation</i> (GCV) .....	24
2.10	<i>Cross Validation</i> (CV).....	24
2.11	Pengujian Kelayakan Model.....	26
2.11.1	Uji Serentak .....	26
2.11.2	Uji Individu.....	27
2.12	Kemiskinan .....	28
2.13	Pendidikan .....	29
2.14	Pengangguran Terbuka .....	31
2.15	Indeks Pembangunan Manusia (IPM) .....	32
2.16	Angka Harapan Hidup .....	32
2.17	Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) .....	33

<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>34</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	34
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	34
3.3 Variabel Data Penelitian .....	35
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	37
3.5 Teknik Analisis Data .....	37
3.6 Alat Pengolahan Data .....	38
3.7 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	39
<b>BAB 4 PEMBAHASAN</b> .....	<b>41</b>
4.1 Regresi Nonparametrik Deret Fourier .....	41
4.1.1 Langkah-Langkah Pemodelan Regresi Nonparametrik Deret Fourier .....	42
4.2 Estimasi Parameter Model Regresi Deret Fourier .....	44
4.3 Pemilihan Titik Knot Optimal Deret Fourier.....	44
4.4 Pemilihan Model Terbaik .....	45
4.5 Pengujian Signifikansi Parameter Model Regresi Nonparametrik.....	46
4.5.1 Uji Serentak .....	46
4.5.2 Uji Individu.....	47
4.6 Uji Asumsi.....	48
4.6.1 Uji Heteroskedastisitas .....	48
4.6.2 Uji Autokorelasi.....	49
4.6.3 Uji Multikolinearitas.....	50
4.6.4 Uji Normalitas.....	51
<b>BAB 5 STUDI KASUS</b> .....	<b>53</b>
5.1 Deskripsi Data .....	53

5.2	Deskripsi Variabel Dependen dan Variabel Independen Pengaruh Persentase Penduduk Miskin Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2018-2020.....	54
5.2.1	Karakteristik Persentase Penduduk Miskin Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2020 .....	54
5.2.2	Karakteristik Rata-Rata Lama Sekolah ( $X_1$ ) Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2020 .....	56
5.2.3	Karakteristik Tingkat Pengangguran Terbuka ( $X_2$ ) Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2020 .....	57
5.2.4	Karakteristik Indeks Pembangunan Manusia ( $X_3$ ) Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2020 .....	58
5.2.5	Karakteristik Angka Harapan Hidup ( $X_4$ ) Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2020 .....	60
5.2.6	Karakteristik Produk Domestik Regional Bruto ( $X_5$ ) Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2020 .....	61
5.3	Hubungan Antara Persentase Penduduk Miskin dan Faktor-Faktor yang Diduga Memiliki Pengaruh.....	62
5.3.1	Hubungan antara Data Persentase Penduduk Miskin dengan Rata-Rata Lama Sekolah ( $X_1$ ).....	65
5.3.2	Hubungan antara Data Persentase Penduduk Miskin dengan Tingkat Pengangguran Terbuka ( $X_2$ ).....	66
5.3.3	Hubungan antara Data Persentase Penduduk Miskin dengan Indeks Pembangunan Manusia ( $X_3$ ) .....	67
5.3.4	Hubungan antara Data Persentase Penduduk Miskin dengan Angka Harapan Hidup ( $X_4$ ) .....	69
5.3.5	Hubungan antara Data Persentase Penduduk Miskin dengan Produk Domestik Regional Bruto ( $X_5$ ).....	70
5.4	Model Regresi Nonparametrik Deret Fourier.....	71

5.5	Pemilihan $K$ Optimal Menggunakan Metode <i>Generalized Cross Validation</i> (GCV) .....	72
5.5.1	Regresi Nonparametrik Pendekatan Deret Fourier untuk $K = 21$ ..	73
5.6	Pemilihan $K$ Optimal Menggunakan Metode <i>Cross Validation</i> (CV) .....	76
5.7	Pemilihan Model Terbaik .....	79
5.8	Menguji Parameter Model Regresi Nonparametrik Deret Fourier .....	81
5.8.1	Uji Serentak .....	81
5.8.2	Uji Individu .....	82
5.9	Uji Asumsi Residual .....	85
5.9.1	Uji Autokorelasi .....	86
5.9.2	Uji Normalitas .....	86
5.9.3	Uji Heteroskedastisitas .....	87
5.10	Penerapan Model Data Kemiskinan di Provinsi Jawa Timur dengan Metode Deret Fourier .....	88
5.11	Implementasi Model Data Kemiskinan di Provinsi Jawa Timur pada Tahun Berikutnya dengan Deret Fourier .....	96
<b>BAB 6</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>99</b>
5.12	Kesimpulan .....	99
5.13	Saran .....	102
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>103</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>107</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	.....	<b>127</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 5.1</b> Grafik Data Kemiskinan Menurut Kabupaten/Kota pada Tahun 2018-2020 .....	53
<b>Gambar 5.2</b> Diagram Batang Rata-Rata Persentase Penduduk Miskin Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2018-2020....	55
<b>Gambar 5.3</b> Diagram Batang Rata-Rata dari Variabel Rata-Rata Lama Sekolah Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2018-2020 .....	56
<b>Gambar 5.4</b> Diagram Batang Rata-Rata TPT Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2018-2020 .....	58
<b>Gambar 5.5</b> Diagram Batang Rata-Rata IPM Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2018-2020 .....	59
<b>Gambar 5.6</b> Diagram Batang Rata-Rata Angka Harapan Hidup Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2018-2020....	60
<b>Gambar 5.7</b> Diagram Batang Rata-Rata PDRB Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2018-2020 .....	62
<b>Gambar 5.8</b> <i>Scatter Plot</i> untuk Variabel $Y, X_1, X_2, X_3, X_4,$ dan $X_5$ .....	63
<b>Gambar 5.9</b> <i>Scatter Plot</i> Variabel Persentase Penduduk Miskin ( $Y$ ) terhadap Variabel Rata-Rata Lama Sekolah ( $X_1$ ) .....	65
<b>Gambar 5.10</b> <i>Scatter Plot</i> Data Persentase Penduduk Miskin $Y$ terhadap Tingkat Pengangguran Terbuka ( $X_2$ ) .....	67
<b>Gambar 5.11</b> <i>Scatter Plot</i> Data Persentase Penduduk Miskin $Y$ terhadap Indeks Pembangunan Manusia ( $X_3$ ) .....	68
<b>Gambar 5.12</b> <i>Scatter Plot</i> Data Persentase Penduduk Miskin $Y$ terhadap Angka Harapan Hidup ( $X_4$ ) .....	69
<b>Gambar 5.13</b> <i>Scatter Plot</i> Data Persentase Penduduk Miskin $Y$ terhadap Produk Domestik Regional Bruto ( $X_5$ ) .....	70
<b>Gambar 5.14</b> Perbandingan Data Asli Persentase Penduduk Miskin ( $Y$ ) dengan Data Model pada Variabel Rata-Rata Lama Sekolah ( $X_1$ ) .....	89



<b>Gambar 5.15</b> Perbandingan Data Asli Persentase Penduduk Miskin ( $Y$ ) dengan Data Model pada Variabel Tingkat Pengangguran Terbuka ( $X_2$ )..	90
<b>Gambar 5.16</b> Perbandingan Data Asli Persentase Penduduk Miskin ( $Y$ ) dengan Data Model pada Variabel Indeks Pembangunan Manusia ( $X_3$ ) ...	90
<b>Gambar 5.17</b> Perbandingan Data Asli Persentase Penduduk Miskin ( $Y$ ) dengan Data Model pada Variabel Angka Harapan Hidup ( $X_4$ ) .....	91
<b>Gambar 5.18</b> Perbandingan Data Asli Persentase Penduduk Miskin ( $Y$ ) dengan Data Model pada Variabel Produk Domestik Regional Bruto ( $X_5$ ) .....	92

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Tinjauan Pustaka .....	7
<b>Tabel 2.1</b> Tabel ANOVA .....	27
<b>Tabel 3.1</b> Variabel Data Penelitian.....	35
<b>Tabel 4.1</b> Tabel ANOVA .....	47
<b>Tabel 5.1</b> Karakteristik Persentase Penduduk Miskin dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur pada Tahun 2018-2020.....	54
<b>Tabel 5.2</b> Nilai Korelasi Data Persentase Penduduk Miskin Menurut Kabupaten/ Kota di Provinsi Jawa Timur .....	64
<b>Tabel 5.3</b> Penentuan Nilai $K$ Menggunakan GCV .....	72
<b>Tabel 5.4</b> Nilai MSE dan $R^2$ untuk Setiap $K$ Menggunakan GCV .....	73
<b>Tabel 5.5</b> Nilai Parameter pada $K = 21$ .....	74
<b>Tabel 5.6</b> Penentuan Nilai $K$ Menggunakan CV .....	77
<b>Tabel 5.7</b> Nilai Parameter pada $K = 13$ .....	78
<b>Tabel 5.8</b> Nilai AIC dan BIC untuk metode GCV dan CV .....	80
<b>Tabel 5.9</b> Uji Parsial pada Model Regresi Nonparametrik Deret Fourier.....	83
<b>Tabel 5.10</b> Nilai <i>Error</i> Data Asli Persentase Penduduk Miskin terhadap Model Regresi Nonparametrik Pendekatan Deret Fourier .....	92
<b>Tabel 5.11</b> Data Asli Kemiskinan dan Data Prediksi Menggunakan Model Regresi Nonparametrik Deret Fourier pada Tahun 2021 .....	97

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Data Kemiskinan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2020 .....	107
<b>Lampiran 2</b> Data Kemiskinan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2021 .....	112
<b>Lampiran 3</b> Program Menentukan Titik $K$ Optimal Menggunakan Metode <i>Generalized Cross Validation</i> (GCV).....	114
<b>Lampiran 4</b> Program Menentukan Titik $K$ Optimal Menggunakan Metode <i>Cross Validation</i> (CV) .....	117
<b>Lampiran 5</b> Program Estimasi Parameter dan Pengujian Model Regresi Nonparametrik Deret Fourier.....	120
<b>Lampiran 6</b> Program Menentukan Data Prediksi dari Model Regresi Nonparametrik Deret Fourier.....	125



## DAFTAR SIMBOL

$Y_t$	: Variabel dependen ke- $t$
$X_t$	: Variabel prediktor ke- $t$
$f(X)$	: Fungsi regresi nonparametrik
$\varepsilon$	: Galat atau <i>error</i>
$n$	: Jumlah pengamatan
$K$	: Titik knot deret Fourier
$\hat{g}$	: Estimator deret Fourier
$p$	: Jumlah parameter dan jumlah variabel
$db$	: Derajat bebas
$\beta_0$	: Konstanta
$\beta_t$	: Koefisien variabel independen ke- $t$
$\hat{\beta}$	: Parameter
$\alpha$	: Taraf signifikansi
$trace(I - A)$	: Jejak ( <i>trace</i> ) dari matriks I-A
$I$	: Matriks identitas

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PEMILIHAN MODEL TERBAIK**  
**REGRESI NONPARAMETRIK DERET FOURIER**  
**MENGGUNAKAN METODE *GENERALIZED CROSS***  
***VALIDATION* (GCV) DAN *CROSS VALIDATION* (CV)**

(Studi Kasus: Data Kemiskinan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur

Tahun 2018-2020)

Oleh: Yuni Pratiwi

**INTISARI**

Analisis regresi adalah salah satu metode dalam statistika yang memiliki kegunaan untuk melihat pola hubungan antara variabel dependen dan variabel independen. Model untuk analisis regresi terbagi menjadi 3, yaitu parametrik, semiparametrik dan nonparametrik. Regresi nonparametrik adalah suatu metode yang digunakan untuk melakukan analisis regresi tanpa memiliki asumsi untuk hubungan variabel dependen dan variabel independen. Salah satu metode yang paling sering digunakan dalam melakukan pemodelan regresi nonparametrik yaitu Deret Fourier. Estimasi regresi nonparametrik pendekatan Deret Fourier memiliki kelebihan yaitu menjelaskan kuva dengan pola data yang berulang. Penelitian ini menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV) dan *Cross Validation* (CV) untuk menentukan nilai knot atau  $K$  optimal. Setelah didapatkan  $K$  optimal, pemilihan model regresi nonparametrik Deret Fourier paling baik dari metode tersebut menggunakan kriteria *Akaike Criterion Information* (AIC) dan *Bayesian Criterion Information* (BIC) dengan melihat nilai yang paling minimum dimana nilai minimum memiliki arti sebagai nilai yang paling baik. Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat estimasi model regresi nonparametrik Deret Fourier pada data kemiskinan di Provinsi Jawa Timur tahun 2018-2020 dengan faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu rata-rata lama sekolah, tingkat pengangguran terbuka, indeks pembangunan manusia, angka harapan hidup, dan produk domestik regional bruto. Model regresi nonparametrik pendekatan Deret Fourier yang paling baik adalah menggunakan metode CV dengan  $K = 13$  dengan nilai CV, AIC, dan BIC yaitu sebesar 0,02188428, 141,8192, dan 336,0893.

**Kata Kunci:** CV, Deret Fourier, GCV, Regresi Nonparametrik, Data Kemiskinan.

# **THE SELECTION OF THE BEST NONPARAMETRIC REGRESSION MODEL USING GENERALIZED CROSS VALIDATION (GCV) AND CROSS VALIDATION (CV) METHODS**

(Case Study: Poverty Data by District/City in East Java Province for the Years  
2018-2020)

By: Yuni Pratiwi

## **ABSTRACT**

Regression analysis is one of the methods in statistics that serves the purpose of examining the relationship patterns between dependent and independent variables. The models for regression analysis are divided into three types: parametric, semiparametric, and nonparametric. Nonparametric regression is a method used to perform regression analysis without assuming a specific relationship between the dependent and independent variables. One of the most commonly used methods for nonparametric regression modeling is the Fourier Series. Nonparametric regression estimation using the Fourier Series approach has the advantage of describing data with repetitive patterns. This research employs the Generalized Cross Validation (GCV) and Cross Validation (CV) methods to determine the optimal knot or  $K$  values. After obtaining the optimal  $K$  value, the selection of the best nonparametric regression model using the Fourier Series method is based on the Akaike Criterion Information (AIC) and Bayesian Criterion Information (BIC) criteria, by identifying the minimum values where the minimum signifies the best fit. The objective of this study is to create an estimation of the nonparametric regression model using the Fourier Series approach on poverty data in East Java Province from 2018 to 2020, considering influencing factors such as average length of schooling, open unemployment rate, human development index, life expectancy, and regional gross domestic product. The most suitable nonparametric regression model using the Fourier Series approach is determined to be through the CV method with  $K = 13$ , resulting in CV, AIC, and BIC values of 0.02188428, 141.8192, and 336.0893.

**Keywords:** CV, Fourier Series, GCV, Nonparametric Regression, Poverty Data.



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Statistika merupakan suatu ilmu yang meneliti kumpulan dari metode dan konsep untuk mengumpulkan, menyajikan, menganalisis, menginterpretasikan data, dan mengambil keputusan dalam ketidakpastian (Qudratullah, 2013). Sedangkan, menurut Danapriatna dan Setiawan (2005), statistika merupakan sekumpulan cara dan aturan untuk mengumpulkan, mengolah, menafsirkan, dan menarik kesimpulan berdasarkan data yang berbentuk angka. Statistika dibagi menjadi 2 jenis, yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensia. Statistika deskriptif merupakan statistika yang melakukan perhitungan berupa gabungan mulai dari menggabungkan data, menata data, meringkas data, dan menyajikan data, yang memiliki tujuan yaitu agar lebih mudah dipahami bagi pengguna data. Sedangkan, statistika inferensia merupakan kesimpulan umum berdasarkan data yang diamati (Putranto, 2017). Menurut Qudratullah dkk. (2012), jika diaplikasikan ke dunia nyata, statistika inferensia memiliki peran yang jauh lebih penting dibandingkan statistika deskriptif. Salah satu metode untuk membuat kesimpulan berdasarkan data yang ada dalam statistika yaitu analisis regresi.

Analisis regresi adalah salah satu analisis yang memiliki kegunaan yaitu untuk membuat prediksi dan mempelajari hubungan setiap variabel yang diuji (Ningsih dan Dukulang, 2019). Sedangkan, menurut Basuki dan Prawoto (2016), arti analisis regresi secara luas yaitu untuk mengetahui hubungan suatu variabel terikat terhadap variabel lain yaitu variabel bebas, sehingga rata-rata variabel bebas tersebut dapat diperkirakan atau diprediksi dengan mengetahui nilai variabel bebasnya.

Analisis regresi atau bisa disebut sebagai metode regresi dibagi menjadi 3, yaitu metode regresi parametrik, metode regresi semiparametrik, dan metode regresi nonparametrik. Metode regresi semiparametrik merupakan gabungan dari metode regresi parametrik dan metode regresi nonparametrik. Menurut R. Hidayat

dkk. (2018), perbedaan antara model regresi parametrik dan model regresi nonparametrik yaitu pada model regresi parametrik terdapat asumsi-asumsi dan diharuskan untuk mengikuti pola tertentu, sedangkan pada model regresi nonparametrik tidak memiliki asumsi-asumsi dan diberikan kebebasan pada data untuk mencari polanya sendiri.

Model regresi nonparametrik yang digunakan dan dikembangkan yaitu Spline, Kernel, MARS, Deret Fourier, Histogram, *Neural Network* (NN), Deret Ortogonal, Polinomial Lokal, Wavelets, *k-Nearest Neighbor* (kNN), dan lain-lain. Salah satu metode yang paling sering digunakan dalam melakukan pemodelan regresi nonparametrik yaitu deret Fourier. Deret Fourier adalah polinomial trigonometri yang fleksibel, sehingga memungkinkan untuk beradaptasi secara efektif pada sifat lokal dari data (Anandari, 2021). Kelebihan dari pendekatan model regresi nonparametrik menggunakan deret Fourier yaitu dapat menangani data yang memiliki bentuk sebaran sinus dan cosinus (Khotimah, 2019).

Menurut Prahutama (2013), pola data yang digunakan pada deret Fourier merupakan pola data yang berulang, yaitu pengulangan pada variabel dependen untuk variabel independen yang berbeda, atau dapat dikatakan adanya pola data yang bersifat musiman. Pemodelan regresi nonparametrik menggunakan deret Fourier juga memiliki hal yang penting, yaitu dalam memilih parameter penghalus atau dapat disebut sebagai knot optimal (Amalia, 2019). Terdapat beberapa penelitian yang menggunakan metode regresi nonparametrik pendekatan deret Fourier, seperti curah hujan, menganalisis tingkatnya pengangguran terbuka, dan lain-lain. Pada skripsi ini, penggunaan model regresi nonparametrik pendekatan deret Fourier yaitu pada permasalahan yang memiliki pengaruh pada tingkat kemiskinan dan faktor yang mempengaruhi.

Kemiskinan menjadi salah satu hal yang memiliki pengaruh cukup besar bagi suatu negara, khususnya negara yang belum maju atau negara berkembang. Salah satunya adalah negara Indonesia yang memiliki tingkat kemiskinan yang cukup tinggi dibandingkan negara-negara yang berada di sekitar Indonesia. Menurut berita CNN, mengutip dari *World Population Review*, Indonesia menjadi negara termiskin pada urutan ke-73 di dunia pada tahun 2020. Sedari dulu, Indonesia selalu berusaha

untuk meminimalisir adanya kemiskinan pada setiap penduduk, baik dari perkotaan maupun pedesaan. Banyak sekali faktor-faktor dari penyebab terjadinya kemiskinan di Indonesia, salah satu contohnya yaitu lapangan pekerjaan yang sangat minim yang menyebabkan banyaknya pengangguran yang tidak memiliki pekerjaan.

Menurut Amsal (2021), Provinsi yang memiliki penduduk miskin terbanyak selama periode September 2019 sampai Maret 2020 yaitu pada Provinsi Jawa Timur yang mencapai 4,42 juta jiwa atau sekitar 11,09%, lalu Provinsi Jawa Tengah yang mencapai 3,98 juta jiwa atau sekitar 11,41%, Provinsi Jawa Barat yang mencapai 3,92 juta jiwa atau sekitar 7,9%, Provinsi Sumatera Utara yang mencapai 1,28 juta jiwa atau sekitar 8,75%, dan Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang mencapai 1,15 juta jiwa atau sekitar 20,90%. Adanya kemiskinan dapat disebabkan oleh berbagai macam hal, seperti perbedaan pendapatan antara masyarakat satu dengan masyarakat yang lainnya, adanya perbedaan kemampuan yang dapat berpengaruh kepada kesempatan orang tersebut apabila sedang dalam fase mencari pekerjaan (Putra, 2019). Dampak dari kemiskinan itu sendiri yang paling mencolok adalah adanya kesenjangan sosial yang sangat besar dan kepada masyarakat miskin akan sulit untuk melakukan suatu hal seperti masyarakat yang kehidupannya tercukupi.

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan diatas, peneliti tertarik untuk meneliti hal tersebut dengan judul, “Pemilihan Model Terbaik Regresi Nonparametrik Deret Fourier Menggunakan Metode *Generalized Cross Validation* (GCV) dan *Cross Validation* (CV)”. Peneliti tertarik dikarenakan pemodelan regresi nonparametrik deret Fourier ini memiliki tujuan yaitu untuk memodelkan data kemiskinan menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur dan juga mendapatkan model terbaik dengan membandingkan metode *Generalized Cross Validation* (GCV) dan *Cross Validation* (CV) yang paling minimum untuk mendapatkan nilai  $K$  atau knot yang optimal. Selain itu, untuk mencari tahu di kabupaten/kota dan tahun berapa terjadinya kemiskinan yang paling tinggi dibanding kabupaten/kota dan tahun lainnya.

## 1.2 Batasan Masalah

Untuk menghindari terjadinya pelebaran dalam masalah, peneliti membatasi ruang lingkup yang memiliki tujuan yaitu untuk mempermudah penelitian. Terdapat beberapa batasan masalah pada penelitian pemodelan regresi nonparametrik deret Fourier, yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan nilai knot atau  $K$  optimal menggunakan metode *Generalized Cross Validation (GCV)* dan *Cross Validation (CV)* yang ditentukan sampai  $K = 1, 2, 3, \dots, 30$ .
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data kemiskinan di Provinsi Jawa Timur menurut kabupaten/kota pada tahun 2018-2020 dengan memodelkannya dalam bentuk regresi nonparametrik menggunakan deret Fourier.
3. Variabel independen yang diambil dalam penelitian ini yaitu Rata-Rata Lama Sekolah, Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), Indeks Pembangunan Manusia (IPM), Angka Harapan Hidup, dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Lalu, variabel dependennya yaitu Persentase Penduduk Miskin di Provinsi Jawa Timur.
4. *Software* yang digunakan untuk menghitung dan mempermudah menyelesaikan masalah yaitu *software R 4.1.2* dan *Microsoft Excel 2019*.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang dan batasan masalah di atas, maka peneliti membuat rumusan masalah yang akan diulas pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana langkah-langkah membuat model regresi nonparametrik deret Fourier?
2. Bagaimana hasil pemodelan regresi nonparametrik deret Fourier menggunakan metode GCV dan CV dan manakah model yang paling baik pada Persentase Penduduk Miskin menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018-2020?

3. Bagaimana hasil analisis pemodelan regresi nonparametrik deret Fourier pada Persentase Penduduk Miskin menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018-2020?

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Bersumber pada rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini dapat diurai sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui langkah-langkah membuat model regresi nonparametrik deret Fourier.
2. Untuk mengetahui hasil pemodelan regresi nonparametrik deret Fourier menggunakan metode GCV dan CV dan manakah model yang paling baik pada Persentase Penduduk Miskin menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018-2020.
3. Untuk mengetahui hasil analisis pemodelan regresi nonparametrik deret Fourier pada Persentase Penduduk Miskin menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018-2020.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan dari tujuan yang telah dijelaskan di atas, maka manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan hal baik yang terbagi menjadi dua aspek, yaitu:

##### **a. Aspek Teoritis**

Penelitian ini pada aspek teoritis mempunyai harapan yaitu bermanfaat bagi para pembaca dan untuk pengembangan teori yang telah dilakukan. Lalu, untuk menambah wawasan mengenai deret Fourier dan memberikan salah satu metode apabila ingin melakukan suatu pemodelan regresi nonparametrik yang bersifat multivariabel dapat menggunakan deret Fourier.

##### **b. Aspek Praktis**

Penelitian ini pada aspek praktis mempunyai harapan yaitu dapat dijadikan referensi saat mencari informasi dan cara untuk mengatasi hal tersebut yang ada di Provinsi Jawa Timur. Lalu, mempunyai manfaat lain yaitu dapat



menjadikan gambaran pada kemiskinan model regresi nonparametrik deret Fourier di Provinsi Jawa Timur oleh beberapa faktor yang mempengaruhi.

## 1.6 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini, peneliti mengaitkan beberapa karya ilmiah/penelitian sebelumnya seperti skripsi, jurnal, dan lain sebagainya yang memiliki hubungan dengan objek penelitian yang akan dibahas. Beberapa penelitian yang memiliki keterkaitan dengan deret Fourier, yaitu:

1. Peneliti Alan Prahutama (2013) dengan judul “Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier pada Kasus Tingkat Pengangguran Terbuka di Jawa Timur”, pada penelitian ini menjelaskan mengenai OLS (*Ordinary Least Square*) dapat digunakan untuk estimasi deret Fourier. Lalu, untuk menentukan  $K$  optimal pada estimasi deret Fourier dapat menggunakan GCV (*Generalized Cross Validation*). Data yang digunakan adalah tingkat pengangguran terbuka di Provinsi Jawa Timur.
2. Peneliti Fatmawati Nurjanah, Tiani Wahyu Utami, dan Indah Manfaati Nur (2015) dengan judul “Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier pada Pola Data Curah Hujan di Kota Semarang”, penelitian ini menjelaskan mengenai estimasi deret Fourier yang menggunakan LS (*Least Square*) dan penentuan nilai  $K$  optimal pada estimasi deret Fourier dapat menggunakan *Generalized Cross Validation* (GCV). Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis pola curah hujan di kota Semarang dengan mendapatkan hasil kurva sinus atau cosinus. Data yang digunakan adalah curah hujan di kota Semarang tahun 2008-2014.
3. Peneliti Siti Hariksa Amalia dan Indah Manfaati Nur (2019) dengan judul “Pemodelan Regresi Nonparametrik Deret Fourier pada Kasus Tingkat Kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara”, penelitian ini menjelaskan mengenai metode *Generalized Cross Validation* (GCV) dan *Cross Validation* (CV) yang digunakan untuk regresi nonparametrik deret Fourier yang akan dibandingkan hasilnya sesuai dengan metode GCV dan CV untuk mendapatkan nilai  $K$  optimal dalam menentukan regresi nonparametrik deret



Fourier. Data yang digunakan adalah tingkat kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara periode tahun 2017.

4. Peneliti Anatansyah Ayomi Anandari, Epha Diana Supandi, dan Muhammad Wakhid Musthofa (2022) dengan judul “*Fourier Series Nonparametric Regression Modeling in the Case of Rainfall in West Java Province*”, penelitian ini menjelaskan mengenai estimasi deret Fourier yang menggunakan *Ordinary Least Square* (OLS) dan penentuan nilai K optimal pada estimasi deret Fourier dapat menggunakan *Generalized Cross Validation* (GCV) dan *Mean Square Error* (MSE). Data yang digunakan adalah data curah hujan di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2015-2019.

Dari keempat penelitian yang telah dijelaskan di atas, berikut merupakan penjelasan secara detail yang ada pada Tabel 1.1, yaitu:

**Tabel 1.1** Tinjauan Pustaka

No.	Peneliti	Data	Variabel Data Penelitian
1.	Alan Prahutama	Data Tingkat Pengangguran Terbuka di Jawa Timur	Tingkat Pengangguran Terbuka ( $Y$ ), Persentase Penduduk Usia Kerja Berumur 15 Tahun Keatas ( $X_1$ ), Angka Partisipasi Kasar ( $X_2$ ), Laju Pertumbuhan Ekonomi Daerah ( $X_3$ ), Laju Pertumbuhan Penduduk ( $X_4$ ), Persentase Perusahaan ( $X_5$ ), Tingkat Investasi ( $X_6$ ), dan Tingkat Upah Minimum ( $X_7$ )

No.	Peneliti	Data	Variabel Data Penelitian
2.	Fatmawati Nurjanah, Tiani Wahyu Utami, Indah Manfaati Nur	Data Curah Hujan di Kota Semarang	Curah Hujan ( $Y$ ) dan Waktu ( $X$ )
3.	Siti Hariksa Amalia, Indah Manfaati Nur	Data Tingkat Kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara	Jumlah Penduduk Miskin ( $Y$ ) dan Pendapatan Perkapita ( $X$ )
4.	Anatansyah Ayomi Anandari, Epha Diana Supandi, Muhammad Wakhid Musthofa	Data Curah Hujan Menurut Bulan di Provinsi Jawa Barat	Jumlah Curah Hujan ( $Y$ ), Rata-Rata Kelembaban ( $X_1$ ), Tekanan Udara ( $X_2$ ), Kecepatan Angin ( $X_3$ ), dan Rata-Rata Suhu Udara ( $X_4$ )
5.	Yuni Pratiwi	Data Kemiskinan di Provinsi Jawa Timur	Persentase Penduduk Miskin ( $Y$ ), Rata-Rata Lama Sekolah ( $X_1$ ), Tingkat Pengangguran Terbuka ( $X_2$ ), Indeks Pembangunan Manusia ( $X_3$ ), Angka Harapan Hidup ( $X_4$ ), dan Produk Domestik Regional Bruto ( $X_5$ )

Persamaan dari kelima penelitian di atas yaitu membuat model regresi nonparametrik deret Fourier. Pada penelitian yang dilakukan oleh Alan Prahutama pada tahun 2013 memiliki persamaan dengan penelitian ini yaitu pada tujuannya untuk membuat model regresi nonparametrik deret Fourier. Lalu, perbedaannya adalah pada penelitian yang dilakukan oleh Alan Prahutama berfokus untuk menganalisis tingkat pengangguran terbuka di Provinsi Jawa Timur dan memiliki tujuh faktor yang mempengaruhi sebagai variabel independen. Sedangkan, pada penelitian ini berfokus untuk menganalisis persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur dan memiliki lima faktor yang mempengaruhi sebagai variabel independen.

Pada penelitian yang dilakukan Fatmawati Nurjanah, Tiani Wahyu Utami, Indah Manfaati Nur pada tahun 2015 memiliki persamaan dengan penelitian ini yaitu pada tujuannya untuk membuat model regresi nonparametrik deret Fourier. Begitu pula penelitian yang dilakukan oleh Anatansyah Ayomi Anandari, Epha Diana Supandi, Muhammad Wakhid Musthofa pada tahun 2021 yang merupakan lanjutan dari penelitian Fatmawati Nurjanah, Tiani Wahyu Utami, Indah Manfaati Nur pada tahun 2015. Namun, perbedaannya adalah pada penelitian yang dilakukan oleh Fatmawati Nurjanah, Tiani Wahyu Utami, Indah Manfaati Nur berfokus untuk menganalisis pola data curah hujan di kota Semarang, memiliki satu faktor yang mempengaruhi sebagai variabel independen, dan mencari titik knot optimal menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Lalu, pada penelitian yang dilakukan Anatansyah Ayomi Anandari, Epha Diana Supandi, Muhammad Wakhid Musthofa berfokus untuk menganalisis data curah hujan menurut bulan di Provinsi Jawa Barat, memiliki empat faktor yang mempengaruhi sebagai variabel independen, dan mencari titik knot optimal menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Sedangkan, pada penelitian ini berfokus untuk menganalisis persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur, memiliki lima faktor yang mempengaruhi sebagai variabel independen, dan mencari titik knot optimal dengan membandingkan metode *Generalized Cross Validation* (GCV) dan *Cross Validation* (CV).

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian yang dilakukan oleh Siti Hariksa Amalia, Indah Manfaati Nur pada tahun 2019 mengenai pemodelan regresi nonparametrik deret Fourier yang menggunakan data tingkat kemiskinan menurut kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara. Terdapat beberapa perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh Siti Hariksa Amalia, Indah Manfaati Nur dengan penelitian ini, yaitu pada penelitian Siti Hariksa Amalia, Indah Manfaati Nur menggunakan data di Provinsi Sumatera Utara dan memiliki satu faktor yang mempengaruhi sebagai variabel independen. Sedangkan, pada penelitian ini menggunakan data di Provinsi Jawa Timur dan memiliki lima faktor yang mempengaruhi sebagai variabel independen.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Agar lebih paham dan pasti dalam melakukan penelitian ini, dapat menggunakan kaidah yaitu dengan membagi menjadi 6 bab dan sub bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

#### **Bab 1: Pendahuluan**

Pada bab ini memiliki isi berupa penjabaran mengenai judul secara umum, yaitu latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan masalah, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, dan sistematika penulisan.

#### **Bab 2: Landasan Teori**

Pada bab ini memiliki isi berupa landasan teori sebagai dasar yang akan dipakai dalam penelitian. Isi dari landasan teori pada penelitian ini seperti menjelaskan mengenai teori analisis regresi, analisis regresi berganda, metode kuadrat terkecil (*Ordinary Least Square*), asumsi dalam analisis regresi, regresi nonparametrik, deret Fourier, pemilihan titik knot optimal, koefisien determinasi ( $R^2$ ), *Generalized Cross Validation* (GCV), *Cross Validation* (CV), pengujian kelayakan model, kemiskinan, pendidikan, pengangguran terbuka, Indeks Pembangunan Manusia (IPM), angka harapan hidup, dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB).

### **Bab 3: Metodologi Penelitian**

Pada bab ini memiliki isi berupa metode penelitian yang akan digunakan dan bagaimana sistem pelaksanaannya. Isi dari metodologi penelitian pada skripsi ini seperti jenis penelitian, metode pengumpulan data, variabel data penelitian, jenis dan sumber data penelitian, teknik analisis data, alat pengolah data, dan *flowchart* penelitian.

### **Bab 4: Hasil dan Pembahasan**

Pada bab ini memiliki isi berupa pembahasan lebih lanjut mengenai regresi nonparametrik deret Fourier. Isi dari pembahasan pada skripsi ini seperti regresi nonparametrik deret Fourier, estimasi parameter model regresi deret Fourier, pemilihan titik knot optimal deret Fourier, koefisien determinasi ( $R^2$ ), pemilihan model terbaik, pengujian signifikansi parameter model regresi nonparametrik, dan uji asumsi.

### **Bab 5: Studi Kasus**

Pada bab ini memiliki isi berupa hasil dari penelitian dan pembahasan mengenai analisis yang ada di rumusan masalah. Isi dari pembahasan pada skripsi ini seperti deskripsi data, deskripsi variabel dependen dan variabel independen pengaruh Persentase Penduduk Miskin menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018-2020, hubungan antara variabel dependen dengan faktor-faktor yang diduga memiliki pengaruh, model regresi nonparametrik deret Fourier, pemilihan  $K$  optimal menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV), pemilihan  $K$  optimal menggunakan metode *Cross Validation* (CV), pemilihan model terbaik, menguji parameter model regresi nonparametrik deret Fourier, uji asumsi residual, penerapan model data kemiskinan di Provinsi Jawa Timur dengan metode deret Fourier, dan implementasi model data kemiskinan di Provinsi Jawa Timur pada tahun berikutnya dengan deret Fourier.

### **Bab 6: Penutup**

Pada bab ini memiliki isi berupa kesimpulan dari penelitian yang telah dirumuskan pada rumusan masalah dan saran kepada penulis mengenai penelitian ini dan penelitian yang akan diteliti.

## BAB 6

### PENUTUP

Pada Bab 6 Penutup menjelaskan model regresi nonparametrik deret Fourier yang telah diteliti pada Bab 4 Pembahasan dan Bab 5 Studi Kasus dengan data kemiskinan di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018-2020. Oleh karena itu, didapatkan kesimpulan dan saran, yaitu:

#### 5.12 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil analisis yang telah dilakukan peneliti, dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Langkah-langkah untuk membuat model regresi nonparametrik deret Fourier yaitu sebagai berikut:
  - a. Mengumpulkan data
  - b. Menentukan variabel dependen ( $Y$ ) dan variabel independen ( $X$ )
  - c. Membuat *scatter plot*
  - d. Menentukan nilai  $K$  optimal
  - e. Menghitung estimasi parameter regresi nonparametrik deret Fourier
  - f. Membuat model regresi nonparametrik deret Fourier
  - g. Memilih model yang paling baik
  - h. Melakukan uji kelayakan model
  - i. Melakukan uji asumsi residual
  - j. Menerapkan model terbaik pada data
2. Hasil pemodelan regresi nonparametrik deret Fourier menggunakan metode GCV yang paling minimum dengan  $K = 21$ , yaitu:

$$\begin{aligned}\hat{Y} = & 5,647 - 2,838x_1 + 1,914\cos x_1 - 1,281\cos 2x_1 + 3,498\cos 3x_1 \\ & + 0,873\cos 4x_1 + 0,239\cos 5x_1 - 0,858\cos 6x_1 - 1,315\cos 7x_1 \\ & + 0,731\cos 8x_1 + 1,558\cos 9x_1 - 0,642\cos 10x_1 - 1,125\cos 11x_1 \\ & + 0,747\cos 12x_1 + 0,026\cos 13x_1 + 0,163\cos 14x_1 + 0,417\cos 15x_1\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& -0,901\cos 16x_1 + 0,642\cos 17x_1 - 0,117\cos 18x_1 + 0,701\cos 19x_1 \\
& -0,75\cos 20x_1 + 1,393\cos 21x_1 + 0,213x_2 - 0,03\cos x_2 \\
& -1,539\cos 2x_2 + 0,486\cos 3x_2 + 0,486\cos 4x_2 + 0,231\cos 5x_2 \\
& +0,748\cos 6x_2 - 0,092\cos 7x_2 - 1,346\cos 8x_2 - 1,297\cos 9x_2 \\
& +0,858\cos 10x_2 - 0,166\cos 11x_2 - 1,183\cos 12x_2 \\
& -0,025\cos 13x_2 + 1,212\cos 14x_2 + 1,016\cos 15x_2 \\
& +1,248\cos 16x_2 - 0,146\cos 17x_2 - 0,393\cos 18x_2 \\
& +0,328\cos 19x_2 - 0,304\cos 20x_2 - 0,012\cos 21x_2 - 0,743x_3 \\
& +2,429\cos x_3 - 0,221\cos 2x_3 - 2,574\cos 3x_3 - 0,182\cos 4x_3 \\
& +0,924\cos 5x_3 + 1,653\cos 6x_3 + 0,137\cos 7x_3 - 2,042\cos 8x_3 \\
& -1,218\cos 9x_3 - 0,616\cos 10x_3 + 1,469\cos 11x_3 + 0,783\cos 12x_3 \\
& +0,693\cos 13x_3 - 0,235\cos 14x_3 - 0,788\cos 15x_3 \\
& -0,128\cos 16x_3 + 0,63\cos 17x_3 - 0,043\cos 18x_3 - 1,118\cos 19x_3 \\
& +0,035\cos 20x_3 + 0,095\cos 21x_3 + 1,252x_4 - 3,063\cos x_4 \\
& +0,042\cos 2x_4 + 1,578\cos 3x_4 + 1,012\cos 4x_4 + 0,547\cos 5x_4 \\
& +0,882\cos 6x_4 + 1,064\cos 7x_4 + 1,996\cos 8x_4 + 0,665\cos 9x_4 \\
& -0,024\cos 10x_4 - 1,425\cos 11x_4 - 2,806\cos 12x_4 \\
& -2,853\cos 13x_4 - 3,351\cos 14x_4 - 2,164\cos 15x_4 \\
& -0,654\cos 16x_4 + 1,175\cos 17x_4 + 1,9002\cos 18x_4 \\
& +1,38\cos 19x_4 + 2,309\cos 20x_4 + 0,24\cos 21x_4 + 0,045x_5 \\
& -13,92\cos x_5 + 4,336\cos 2x_5 + 11,48\cos 3x_5 - 16,28\cos 4x_5 \\
& +12,97\cos 5x_5 - 6,621\cos 6x_5 - 0,76\cos 7x_5 + 2,257\cos 8x_5 \\
& -6,488\cos 9x_5 + 8,165\cos 10x_5 - 10,32\cos 11x_5 + 7,177\cos 12x_5 \\
& +1,553\cos 13x_5 - 7,727\cos 14x_5 + 10,039\cos 15x_5 \\
& -5,965\cos 16x_5 + 0,763\cos 17x_5 + 5,197\cos 18x_5 \\
& -5,814\cos 19x_5 + 2,216\cos 20x_5 + 0,0043\cos 21x_5
\end{aligned}$$

Hasil pemodelan regresi nonparametrik deret Fourier menggunakan metode CV yang paling minimum dengan  $K = 13$ , yaitu:

$$\begin{aligned}
\hat{Y} = & 34,447 - 2,227x_1 - 0,607\cos x_1 - 0,995\cos 2x_1 + 1,95\cos 3x_1 \\
& +0,24009\cos 4x_1 - 0,495\cos 5x_1 - 0,704\cos 6x_1 - 1,04\cos 7x_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&+1,115\cos 8x_1 + 0,173\cos 9x_1 - 0,144\cos 10x_1 - 1,224\cos 11x_1 \\
&+0,962\cos 12x_1 - 0,442\cos 13x_1 + 0,092x_2 + 0,998\cos x_2 \\
&-0,238\cos 2x_2 + 0,166\cos 3x_2 - 0,427\cos 4x_2 + 0,136\cos 5x_2 \\
&+0,412\cos 6x_2 + 0,258\cos 7x_2 - 0,393\cos 8x_2 + 0,305\cos 9x_2 \\
&+0,386\cos 10x_2 - 0,137\cos 11x_2 - 0,89\cos 12x_2 - 0,264\cos 13x_2 \\
&-0,611x_3 + 0,922\cos x_3 + 0,47\cos 2x_3 - 0,135\cos 3x_3 \\
&+0,152\cos 4x_3 + 0,078\cos 5x_3 + 0,337\cos 6x_3 + 0,282\cos 7x_3 \\
&-0,38\cos 8x_3 + 0,309\cos 9x_3 + 0,149\cos 10x_3 + 0,3704\cos 11x_3 \\
&-0,151\cos 12x_3 + 0,072\cos 13x_3 + 0,522x_4 - 3,594\cos x_4 \\
&-0,975\cos 2x_4 + 1,164\cos 3x_4 + 1,7109\cos 4x_4 + 0,406\cos 5x_4 \\
&+0,228\cos 6x_4 + 0,258\cos 7x_4 - 0,422\cos 8x_4 - 0,286\cos 9x_4 \\
&+0,0902\cos 10x_4 + 0,20009\cos 11x_4 - 0,152\cos 12x_4 \\
&-0,222\cos 13x_4 - 0,012x_5 - 0,186\cos x_5 + 0,496\cos 2x_5 \\
&+0,89\cos 3x_5 - 2,148\cos 4x_5 + 2,45\cos 5x_5 - 0,488\cos 6x_5 \\
&-1,469\cos 7x_5 + 0,125\cos 8x_5 - 1,302\cos 9x_5 + 0,994\cos 10x_5 \\
&-0,799\cos 11x_5 + 0,981\cos 12x_5 + 0,163\cos 13x_5
\end{aligned}$$

Model regresi nonparametrik deret Fourier yang paling baik pada Persentase Penduduk Miskin menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018-2020 yaitu dengan menggunakan metode CV yang paling minimum dengan  $K = 13$ .

- Hasil estimasi dari Persentase Penduduk Miskin ( $\hat{Y}$ ) yang yang paling rendah berada di Kota Batu pada tahun 2019 sebesar 3,27 (persen) yang perbedaannya tidak jauh dengan data aktual sebesar 3,81 (persen). *Error* yang dihasilkan sebesar 0,54 (persen). Sedangkan, hasil estimasi dari Persentase Penduduk Miskin ( $\hat{Y}$ ) yang yang paling tinggi berada di Kabupaten Sampang pada tahun 2020 sebesar 20,7 (persen) yang perbedaannya tidak jauh dengan data aktual sebesar 22,78 (persen). *Error* yang dihasilkan sebesar 2,08 (persen). Oleh karena itu, penjelasan mengenai tabel perbandingan *error* antara data asli dengan data prediksi pada model yang dihasilkan memiliki kemampuan yang cukup akurat untuk

memprediksi data Persentase Penduduk Miskin di Provinsi Jawa Timur untuk tahun-tahun berikutnya.

### 5.13 Saran

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa saran yang akan diberikan untuk penelitian berikutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian ini memiliki batas pada variabel dependen berjumlah satu dan jumlah variabel independen yang terbatas pada lima variabel. Untuk penelitian berikutnya, dapat dipertimbangkan untuk menguji lebih dari lima variabel dalam model tersebut.
2. Terdapat banyak metode untuk mencari titik knot optimal selain *Generalized Cross Validation* (GCV) dan *Cross Validation* (CV). Diharapkan untuk penelitian berikutnya dapat menggunakan metode selain *Generalized Cross Validation* (GCV) dan *Cross Validation* (CV) untuk mencari titik knot optimal.
3. Penelitian ini hanya membahas mengenai pemodelan regresi nonparametrik pendekatan deret Fourier. Diharapkan untuk penelitian berikutnya dapat membandingkan metode-metode untuk membuat model regresi nonparametrik, seperti *Spline Truncated*, *B-Spline*, dan yang lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, S. H. dan I. M. N. (2019). Pemodelan Regresi Nonparametrik Deret Fourier pada Kasus Tingkat Kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara. *Prosiding Mahasiswa Seminar Nasional Unimus*, 2, 334–343.
- Amsal. (2021). *Kebijakan Percepatan Penanggulangan Kemiskinan di Indonesia* (A. Halik (ed.)). Indocamp.
- Anandari, A. A. (2021). *Pemodelan Regresi Deret Fourier dalam Regresi Nonparametrik Multivariabel*. UIN Sunan Kalijaga.
- Ardianti, A. V., Wibisono, S., & Jumiati, A. (2015). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Angka Harapan Hidup di Kabupaten Jember. *SRA-Economic and Business Article*.
- Baskoro, A. A. F. (2019). *Model Regresi Nonparametrik Spline Kuadrat (Studi Kasus Pengaruh Tingkat Inflasi Indonesia Periode Juni 2016 Sampai Dengan November 2018 Terhadap Kurs Dolar dan BI Rate)*. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Basuki, A. T., & Prawoto, N. (2016). *Analisis Regresi dalam Penelitian Ekonomi & Bisnis (Dilengkapi Aplikasi SPSS & Eviews)*. RajaGrafindo Persada.
- Bilodeau, M. (1992). Fourier Smoother and Addictive Models. *The Canadian Journal of Statistics*, 20(3).
- Bintang, A. B. M., & Woyanti, N. (2018). Pengaruh PDRB, Pendidikan, Kesehatan, dan Pengangguran terhadap Tingkat Kemiskinan di Jawa Tengah (2011-2015). *Media Ekonomi Dan Manajemen*, 33(1).
- BPS. (2021). *Data dan Informasi Kemiskinan Kabupaten/Kota Tahun 2021*.
- BPS. (2022). *Indikator Pekerjaan Layak di Indonesia 2021*. Badan Pusat Statistik.
- BPS. (2023). *Indeks Pembangunan Manusia*.
- Damanik, A. (2010). *Seri Fisika Matematika: Fungsi-fungsi Khusus dilengkapi dengan Deret Fourier & Transformasi Integral* (1st ed.). Graha Ilmu.
- Danapriatna, N., & Setiawan, R. (2005). *Pengantar Statistika* (1st ed.). Graha Ilmu.
- Danasari, L. S., & Wibowo, A. (2017). Analisis Angka Harapan Hidup di Jawa Timur Tahun 2015. *Jurnal Biometrika Dan Kependudukan*, 6(1).

- Devi, A. R. (2018). *Metode Unbiased Risk (UBR) dan Cross-Validation (CV) untuk Pemilihan Titik Knot Optimal dalam Regresi Nonparametrik Multivariabel Spline Truncated* [Institut Teknologi Sepuluh Nopember].
- Draper, N., & Smith, H. (1992). *Analisis Regresi Terapan*. Gramedia Pustaka Utama.
- Eubank, R. L. (1988). *Spline Smoothing and Nonparametric Regression*. Marcel Dekker.
- Hajatin, N. (2021). *Analisis Regresi Nonparametrik Spline Penalized (Studi Kasus: Presentase Kemiskinan di Jawa Tengah Tahun 2018)*. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Hardani, Auliya, N. H., Andriani, H., Fardani, R. A., Ustiamawaty, E. F., Sukmana, D. J., Utami, E. F., & Istiqomah, R. R. (2020). *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif* (1st ed.). Pustaka Ilmu.
- Hidayat, R., & Abdillah. (2019). *Ilmu Pendidikan “Konsep, Teori dan Aplikasinya”* (1st ed.). LPPPI.
- Hidayat, R., Yuliani, & Sam, M. (2018). Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Spline Truncated. *Prosiding Seminar Nasional*, 3.
- Indonesia. (1989). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 1989 tentang Sistem Pendidikan Nasional*. Sekretariat Negara.
- Janie, D. N. A. (2012). *Statistika Deskriptif & Regresi Linier Berganda dengan SPSS*. Semarang University Press.
- Kemnaker. (2021). *Ketenagakerjaan dalam Data Tahun 2021*. Pusat Data dan Teknologi Informasi Ketenagakerjaan.
- Khotimah, S. (2019). Analisis Data Curah Hujan di Kota Surabaya dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Deret Fourier. In *Skripsi*. UIN Sunan Ampel.
- Kurniawan, R., & Yuniarto, B. (2016). *Analisis Regresi: Dasar dan Penerapannya dengan R* (1st ed.). Kencana.
- Mardiatmoko, G. (2017). Pentingnya Uji Asumsi Klasik pada Analisis Regresi Linear Berganda (Studi Kasus Penyusunan Persamaan Allometrik Kenari Muda. *Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 14(3).



- Mariati, N. P. A. M. (2015). *Pemodelan Regresi Deret Fourier dan Spline Truncated dalam Regresi Nonparametrik Multivariabel (Aplikasi: Data Kemiskinan di Provinsi Papua)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ningsih, S., & Dukalang, H. (2019). Penerapan Metode Suksesif Interval pada Analisis Regresi Linear Berganda. *Jambura Journal of Mathematics*, 1.
- Novia, A. D. (2012). *Analisis Perbandingan Uji Autokorelasi Durbin-Watson dan Breusch-Godfrey*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Nurjannah, F., Utami, T. W., & Nur, I. M. (2015). Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier pada Pola Data Curah Hujan di Kota Semarang. *Statistika*, 3(2).
- Prahotama, A. (2013). Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier pada Kasus Tingkat Pengangguran Terbuka Di Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Statistika Universitas Diponegoro*.
- Pratiwi, L. P. S. (2017). Perbandingan Metode Cross Validation dan Generalized Cross Validation dalam Regresi Nonparametrik Birespon Spline. *Jurnal Varian*, 1(1).
- Pratiwi, R. (2020). *Pengaruh Produk Domestik Regional (PDRB), Kesehatan dan Jumlah Penduduk terhadap Kemiskinan di Sumatera Bagian Selatan Tahun 2008-2017*. Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang.
- Putra, I. (2019). *Pengaruh Pengangguran, Jumlah Penduduk, dan Inflasi terhadap Kemiskinan di Indonesia*. UIN Ar-raniry.
- Putranto, L. S. (2017). *Statistika dan Probabilitas* (1st ed.). Indeks.
- Qudratullah, M. F. (2013). *Analisis Regresi Terapan: Teori, Contoh Kasus, dan Aplikasi dengan SPSS*. Andi.
- Qudratullah, M. F., Zuliana, S. U., & Supandi, E. D. (2012). *Statistika* (1st ed.). SUKA-Press Uin Sunan Kalijaga.
- Rahmadi. (2011). Pengantar Metodologi Penelitian. In *Antasari Press* (1st ed.). Antasari Press.
- Rahman, A., Munandar, S. A., Fitriani, A., Karlina, Y., & Yumriani. (2022). Pengertian Pendidikan, Ilmu Pendidikan dan Unsur-Unsur Pendidikan. *Al Urwatul Wutsqa: Kajian Pendidikan Islam*, 2(1).



- Rustanto, B. (2015). *Menangani Kemiskinan* (1st ed.). PT Remaja Rosdakarya.
- Salim, M. I. (2022). *Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier pada Kasus Tingkat Pengangguran Terbuka di Sulawesi Selatan*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Sholiha, A., Kuzairi, & Mardianto, M. F. F. (2018). Estimator Deret Fourier dalam Regresi Nonparametrik dengan Pembobot untuk Perencanaan Penjualan Camilan Khas Madura. *Zeta - Math Journal*, 4(1).
- Sodikin, A. (2022). *Pengaruh Indeks Pembangunan Manusia dan Kemiskinan terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Provinsi Banten Periode 2014-2019*. Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten.
- Suardi, M. (2010). *Pengantar Pendidikan Teori dan Aplikasi*. PT Indeks.
- Sukirno, S. (2013). *Makroekonomi Teori Pengantar*. PT Raja Grafindo Persada.
- Supandi, E. D. (2020). *Statistika dan Terapannya* (1st ed.). Refika Aditama.
- Suparti. (2005). Perbandingan Estimator Regresi Nonparametrik Menggunakan Metode Fourier dan Metode Wavelet. *Jurnal Matematika*, 8(3).
- Suryawati, C. (2005). Memahami Kemiskinan Secara Multidimensional. *Jurnal Manajemen Pelayanan Kesehatan*, 08(03).
- Wisisono, I. R. N., Nurwahidah, A. I., Andriyana, Y., & Sunengsih, N. (2018). Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier pada Data Debit Air Sungai Citarum. *Jurnal Matematika "Mantik,"* 04(02).
- Yuliara, I. M. (2016). *Regresi Linier Berganda*. Universitas Udayana.

SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA