

**REGRESI NONPARAMETRIK *B-SPLINE*  
UNTUK MEMODELKAN INFLASI DI INDONESIA**

**SKRIPSI**

**OLEH  
SANIYYAH SAWALYFAH SUWARNO  
NIM. 19610042**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**REGRESI NONPARAMETRIK *B-SPLINE*  
UNTUK MEMODELKAN INFLASI DI INDONESIA**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**Oleh  
Saniyyah Sawalyfah Suwarno  
NIM. 19610042**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

# REGRESI NONPARAMETRIK *B-SPLINE* UNTUK MEMODELKAN INFLASI DI INDONESIA

SKRIPSI

Oleh  
Saniyyah Sawalyfah Suwarno  
NIM. 19610042

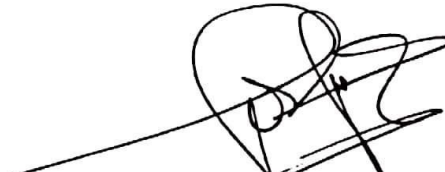
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal 31 Mei 2023

Dosen Pembimbing I,



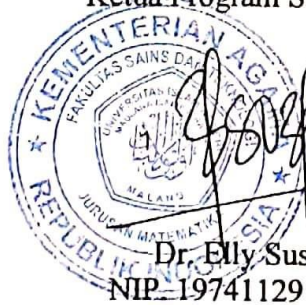
Abdul Aziz, M.Si  
NIP. 19760318 200604 1 002


Dosen Pembimbing II,



Dr. Abdussakir, M.Pd  
NIP. 19751006 200312 1 001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



  
Dr. Elly Susanti, M.Sc  
NIP. 19741129 200012 2 005

**REGRESI NONPARAMETRIK *B-SPLINE*  
UNTUK MEMODELKAN INFLASI DI INDONESIA**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Saniyyah Sawalyfah Suwarno**  
NIM. 19610042

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Tanggal 07 Juni 2023

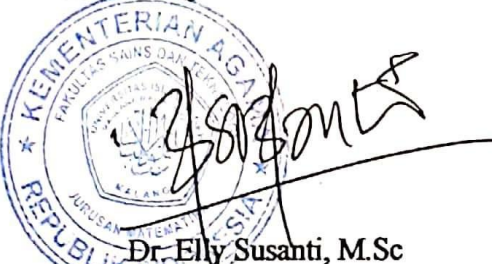
Ketua Penguji : Dr. Sri Harini, M.Si

Anggota Penguji I : Angga Dwi Mulyanto, M.Si

Anggota Penguji II : Abdul Aziz, M.Si

Anggota Penguji III : Dr. Abdussakir, M.Pd

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika

  
Dr. Elly Susanti, M.Sc  
NIP. 19741129 200012 2 005

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Saniyyah Sawalyfah Suwarno  
NIM : 19610042  
Program Studi : Matematika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Regresi Nonparametrik *B-Spline* untuk Memodelkan  
Inflasi di Indonesia

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 07 Juni 2023  
Yang membuat pernyataan,



Saniyyah Sawalyfah Suwarno  
NIM.19610042

## **MOTO**

***“Man Jadda Wajada”***

Barang siapa yang bersungguh-sungguh akan berhasil

***“Man Shabara Zhafira”***

Barang siapa yang bersabar akan beruntung

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini, peneliti persembahkan untuk:

Ayah Eko Suwarno (Alm) dan ibu tercinta yakni ibu Thoifah. Tiada kata yang bisa menggantikan do'a, kasih sayang, usaha, dukungan yang telah diberikan kepada peneliti selama ini. Skripsi yang tertulis ini sebagai bukti yang dapat peneliti berikan untuk ibu tercinta atas segala usaha dalam mewujudkan impiannya yakni menjadikan anak tunggalnya merasakan bangku perkuliahan.

Terimakasih Bu.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah Swt atas segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Regresi Nonparametrik *B-Spline* untuk Memodelkan Inflasi di Indonesia” sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana (S1) dalam bidang matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selama penyusunan skripsi ini, peneliti banyak mendapatkan bimbingan, dukungan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
3. Dr. Elly Susanti, M.Sc., selaku ketua Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
4. Abdul Aziz, M.Si., selaku dosen pembimbing I (anggota penguji II) yang selalu memberikan arahan, nasihat, motivasi dan berbagi ilmunya kepada peneliti.
5. Dr. Abdussakir, M.Pd., selaku dosen pembimbing II (anggota penguji III) yang telah memberikan arahan dan berbagi ilmunya kepada peneliti.
6. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku ketua penguji dalam ujian skripsi yang telah memberikan saran dan arahan dalam menyajikan hasil penelitian yang lebih baik.
7. Angga Dwi Mulyanto, M.Si., selaku anggota penguji I dalam ujian skripsi yang telah memberikan saran dan arahan dalam menyajikan hasil penelitian yang lebih baik.
8. Segenap sivitas akademika terutama seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim atas segala ilmu dan bimbingannya.



9. Ibunda tercinta, ibu Thoifah yang senantiasa memberikan do'a, kasih sayang serta dukungan terbaik untuk peneliti sampai saat ini.
10. Rekan peneliti yang selalu menemani serta membantu peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman Program Studi Matematika angkatan 2019 (SOULMATH'19) yang selalu mendukung dan memberi semangat satu sama lain.
12. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik moril maupun materiil.

Terima kasih peneliti ucapkan dan semoga Allah Swt senantiasa memberikan perlindungan dan imbalan atas segala perbuatan baik yang telah diberikan kepada peneliti. Peneliti berharap semoga dengan adanya penulisan skripsi ini, dapat memberikan manfaat baik bagi peneliti sendiri maupun bagi pembaca.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Malang, 07 Juni 2023

Peneliti

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN SEMINAR HASIL .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	iii
MOTO .....	vi
PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR SIMBOL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
ABSTRAK .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
مستخلص البحث .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	6
1.6 Definisi Istilah .....	6
<b>BAB II KAJIAN TEORI .....</b>	<b>7</b>
2.1 Teori Pendukung .....	7
2.1.1 Regresi Nonparametrik .....	7
2.1.2 <i>B-Spline</i> .....	8
2.1.2.1 Fungsi <i>B-Spline</i> .....	8
2.1.2.2 Titik Knot .....	10
2.1.2.3 Metode <i>Generalized Cross Validation (GCV)</i> .....	11
2.1.3 Keakuratan Model .....	11
2.1.4 <i>Rescaling</i> .....	13
2.1.5 Inflasi .....	13
2.1.6 Variabel Prediktor .....	15
2.1.6.1 <i>BI Rate</i> .....	15
2.1.6.2 <i>Kurs</i> .....	16
2.1.6.3 Jumlah Uang Beredar (JUB) .....	17
2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Qur'an .....	18
2.3 Kajian Topik dengan Teori Pendukung .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	22
3.2 Data dan Sumber Data .....	22
3.3 Tahapan Penelitian .....	23
3.4 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>

4.1	Model Regresi Nonparametrik <i>B-Spline</i> pada Inflasi Indonesia ..	25
4.1.1	Statistik Deskriptif .....	25
4.1.2	Transformasi dan Pola Data .....	28
4.1.3	Penentuan Orde dan Titik Knot Optimal .....	31
4.1.4	Pemodelan Regresi Nonparametrik <i>B-Spline</i> .....	33
4.2	Keakuratan Model Regresi Nonparametrik <i>B-Spline</i> .....	36
4.3	Kajian Keislaman Terkait Penelitian .....	47
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>49</b>
5.1	Kesimpulan .....	49
5.2	Saran .....	50
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>51</b>
	<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>54</b>
	<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>59</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Koefisien Determinasi .....	12
Tabel 3.1 Variabel Penelitian .....	23
Tabel 4.1 Nilai Minimum dan Maksimum Data .....	25
Tabel 4.2 Orde dan Titik Knot Optimal .....	32
Tabel 4.3 Estimasi Model <i>B-Spline</i> Terbaik .....	33

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	24
Gambar 4.1 Diagram Garis Data Inflasi Indonesia .....	26
Gambar 4.2 Diagram Garis Data <i>BI Rate</i> (Suku Bunga) .....	27
Gambar 4.3 Diagram Garis Data <i>Kurs</i> (Nilai Tukar) .....	27
Gambar 4.4 Diagram Garis Data Jumlah Uang Beredar .....	28
Gambar 4.5 <i>Scatterplot</i> $y$ dan $x_1$ .....	29
Gambar 4.6 <i>Scatterplot</i> $y$ dan $x_2$ .....	30
Gambar 4.7 <i>Scatterplot</i> $y$ dan $x_3$ .....	31

## DAFTAR SIMBOL

Simbol-simbol yang digunakan dalam skripsi ini yaitu:

$y_i$	:	Variabel respon dari data ke $-i$
$x_i$	:	Variabel prediktor dari data ke $-i$
$\varepsilon_i$	:	<i>Error</i> dari setiap data ke $-i$
$\beta_j$	:	Parameter regresi <i>B-Spline</i> pada titik knot ke $-j$
$B_{j-m,m}$	:	Basis <i>B-Spline</i> dengan orde $m$ dan titik knot ke $-j$
$<$	:	Kurang dari
$\leq$	:	Kurang dari atau sama dengan
$u_1, u_2, \dots, u_k$	:	Letak titik knot ke $1, 2, \dots, k$
$m$	:	Orde
$j$	:	Titik knot
$k$	:	Jumlah knot
$I$	:	Matriks identitas
$n^{-1}$	:	<i>Invers</i> dari $n$
$X'$	:	<i>Transpose</i> matriks
$\hat{y}$	:	Estimasi dari $y$
$\bar{y}$	:	Rata-rata dari $y$
$Z_i'$	:	Hasil <i>rescaling</i> dari nilai variabel ke $-i$
$\min(Z)$	:	Nilai terkecil dari $Z$
$\max(Z)$	:	Nilai terbesar dari $Z$

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Aktual Penelitian Januari 2019-Desember 2022 .....	54
Lampiran 2. Data Hasil <i>Rescaling</i> .....	55
Lampiran 3. Hasil <i>Running</i> R-Studio .....	57

## ABSTRAK

Suwarno, Saniyyah Sawalyfah. 2023. **Regresi Nonparametrik *B-Spline* untuk Memodelkan Inflasi di Indonesia**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Abdul Aziz, M.Si. (II) Dr. Abdussakir, M.Pd.

**Kata Kunci:** Regresi Nonparametrik, *B-Spline*, Inflasi, *Generalized Cross Validation* (GCV), *R-Square* ( $R^2$ ).

Regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas besar yang tidak memuat asumsi-asumsi tertentu serta dapat menyesuaikan dengan data. Regresi nonparametrik *B-Spline* digunakan dalam penelitian ini karena mampu menangani kondisi ketika orde *spline* tinggi dan jarak knot yang berdekatan. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui model regresi nonparametrik *B-Spline* pada faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Indonesia dan mengetahui keakuratan modelnya menggunakan *R-Square* ( $R^2$ ). Inflasi ini merupakan pokok pembahasan yang layak untuk dianalisis sehingga dijadikan sebagai variabel respon pada penelitian ini, beberapa faktor yang mempengaruhi inflasi seperti (*BI Rate*, *kurs*, dan jumlah uang beredar) dijadikan sebagai variabel prediktornya. Penelitian menghasilkan model *B-Spline* berdasarkan nilai GCV minimum dengan variabel  $x_1$  berorde 2,  $x_2$  dan  $x_3$  berorde 4 serta jumlah knot sebanyak 1 titik knot untuk setiap variabelnya dengan persamaan

$$\hat{y}_i = 0,118427387B_{-1,2}(x_1) + 0,143844976B_{0,2}(x_1) + 0,28594595B_{1,2}(x_1) - 0,001233042B_{-3,4}(x_2) \\ + 0,140503412B_{-2,4}(x_2) - 0,350992615B_{-1,4}(x_2) + 0,745473542B_{0,4}(x_2) + 0,014467016B_{1,4}(x_2) \\ - 0,005198553B_{-3,4}(x_3) + 0,319344403B_{-2,4}(x_3) - 0,850498534B_{-1,4}(x_3) + 0,681096465B_{0,4}(x_3) \\ + 0,403474531B_{1,4}(x_3)$$

Keakuratan model tersebut berdasarkan perhitungan nilai *R-Square* menghasilkan nilai sebesar 0,8753309. Artinya tingkat hubungan antar variabel pada model yang dihasilkan tergolong sangat kuat sehingga variabel respon (inflasi) dapat dijelaskan dengan sangat baik oleh variabel prediktor (*BI Rate*, *kurs* dan *JUB*).



## ABSTRACT

Suwarno, Saniyyah Sawalyfah. 2023. **Nonparametric B-Spline Regression for Modeling Inflation in Indonesia**. Thesis. Mathematics Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Abdul Aziz, M.Si. (II) Dr. Abdussakir, M.Pd.

**Keywords:** Nonparametric Regression, B-Spline, Inflation, Generalized Cross Validation (GCV), R-Square ( $R^2$ ).

Nonparametric regression has great flexibility that does not contain certain assumptions and can adjust to the data. Nonparametric regression B-Spline used in this research because it is able to handle conditions of high order spline and close range knots. The purpose of this research is to tell the model of nonparametric B-Spline regression on the factors that affect inflation in Indonesia and to tell the accuracy of the model using R-Square ( $R^2$ ). This inflation is a subject that deserves to be analyzed so it is used as a response variable in this research, several factors that affect inflation such as (BI Rate, exchange rate, and the money supply) are used as predictor variables. The research produced the B-Spline model based on minimum GCV value with variables  $x_1$  are orde 2, variables  $x_2$  and  $x_3$  orde 4 and the sum of knots as much as 1 knot point for each variable with the equations

$$\begin{aligned}\hat{y}_i = & 0,118427387B_{-1,2}(x_1) + 0,143844976B_{0,2}(x_1) + 0,28594595B_{1,2}(x_1) - 0,001233042B_{-3,4}(x_2) \\ & + 0,140503412B_{-2,4}(x_2) - 0,350992615B_{-1,4}(x_2) + 0,745473542B_{0,4}(x_2) + 0,014467016B_{1,4}(x_2) \\ & - 0,005198553B_{-3,4}(x_3) + 0,319344403B_{-2,4}(x_3) - 0,850498534B_{-1,4}(x_3) + 0,681096465B_{0,4}(x_3) \\ & + 0,403474531B_{1,4}(x_3)\end{aligned}$$

The accuracy of the model is based on value calculations R-Square produces a value of 0,8753309. The meaning is the level of relationship between variables on the resulting model is very strong so the response variable (inflation) can be very well explained by the predictor variable (BI Rate, exchange rate and JUB).

## مستخلص البحث

سوارنو، ثانياةشوالفة. ٢٠٢٣. لتحليل البارامترى ب-سبيلين لنمذجة التضخم في إندو نيسيا. البحث العلمي. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف : (١) عبد العزيز، الماجستير (٢) الدكتور، عبد الشاكر، الماجستير.

الكلمة المفتاحية : لتحليل البارامترى (Regresi Nonparametrik)، ب-سبيلين (B-Spline)، التضخم الإقتصادي، *Generalized Cross Validation (GCV)*،  $r$  - مربع  $(R^2)$

لتحليل البارامترى (Regresi Nonparametrik) مرونة كبيرة الذي لا يملك افتراضات المحددة ويستطيع أبتكيف بالبيانات. ويستخدم التحليل البارامترى (Regresi Nonparametrik) ب-سبيلين (B-Spline) في هذا البحث في حالة لأنه قادر على التعامل مع الظروف عندما يكون ترتيب سبيلين (Spline) عاليا وتكون الأعقاب متقاربة. الهدف من هذا البحث هو تحليل نموذج لتحليل البارامترى ب-سبيلين (Regresi Nonparametrik B-Spline) على العوامل التي تؤثر التضخم الإقتصادي في إندو نيسيا وتحليل دقة النموذج باستخدام  $r$  - مربع  $(R^2)$ . التضخم الإقتصادي موضوعا مهما للتحليل ولذلك تم استخدامه كمتغير في الاستجابة في هذا البحث، وتم استخدام بعض العوامل التي تؤثر على التضخم الإقتصادي مثل (BI Rate، و سعر الصرف، و انتشار جماة النقود) كمتغيرات تنبؤية. وفقا لهدف البحث نموذج ب-سبيلين (B-Spline) على أدنى قيمة *Cross Generalized Validation (GCV)* التي تم الحصول عليها عند استخدام  $(x_1)$  ترتيب ٢، و  $(x_2)$  و  $(x_3)$  ترتيب ٤ وعدد عقدة واحدة لكل من المتغيرات مع المعادلات

$$\begin{aligned} \hat{y}_i = & 0,118427387B_{-1,2}(x_1) + 0,143844976B_{0,2}(x_1) + 0,28594595B_{1,2}(x_1) - 0,001233042B_{-3,4}(x_2) \\ & + 0,140503412B_{-2,4}(x_2) - 0,350992615B_{-1,4}(x_2) + 0,745473542B_{0,4}(x_2) + 0,014467016B_{1,4}(x_2) \\ & - 0,005198553B_{-3,4}(x_3) + 0,319344403B_{-2,4}(x_3) - 0,850498534B_{-1,4}(x_3) + 0,681096465B_{0,4}(x_3) \\ & + 0,403474531B_{1,4}(x_3) \end{aligned}$$

وقد أظهرت دقة النموذج حسب حساب قيمة  $r$  - مربع قيمة تبلغ ٠,٨٧٥٣٣٠٩. وتعني هذه القيمة أن مستوى العلاقة بين المتغيرات في النموذج المحدد قوي جدا يمكن شرح المتغير الاستجابة (التضخم الإقتصادي) بشكل جيد للغاية من خلال المتغيرات التنبؤية (BI Rate، و سعر الصرف، و JUB).

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Regresi nonparametrik adalah salah satu model pendekatan dalam analisis regresi yang dilandasi pada bentuk kurva regresi yang menyesuaikan data. Regresi ini memberikan perkiraan fungsi yang memiliki fleksibilitas besar pada bentuk kurva regresi karena tidak memuat asumsi tertentu. Selain itu, regresi ini paling cocok untuk inferensi ketika hanya memiliki sedikit atau bahkan tidak ada informasi yang tersedia terkait kurva regresi (Eubank, 1999). Regresi yang dapat diterapkan jika fungsi pada data tidak menunjukkan pola hubungan yang mudah digambarkan dengan fungsi tertentu yakni regresi nonparametrik (Ariesta, dkk., 2021).

Salah satu regresi nonparametrik yang kerap kali digunakan untuk menduga kurva regresi yakni *spline*. Hal itu dikarenakan regresi nonparametrik *spline* memiliki beberapa kelebihan tertentu, di antaranya yakni *spline* mampu mengatasi pola data naik turun atau mengalami fluktuasi yang tajam (Rahmawati, dkk., 2017). Menurut Eubank (1999) nonparametrik *spline* ternyata dapat menyesuaikan diri secara efektif terhadap suatu data, sehingga memungkinkan akan mendapatkan hasil yang dapat mendekati kebenaran.

Basis fungsi pada regresi nonparametrik *spline* yang dapat menangani kondisi ketika orde *spline* tinggi dan jarak knot yang berdekatan yakni basis *B-Spline*. Basis *B-Spline* juga dapat dikatakan sebagai basis alternatif dalam mengatasi kelemahan pada basis fungsi *truncated*. Kelemahan tersebut ketika dalam kondisi orde yang

tinggi, jumlah knot yang banyak dan knot yang terlalu dekat akan membentuk matriks yang hampir singular sehingga persamaan akan sulit diselesaikan (Eubank dalam Budiantara, dkk., 2006).

Terdapat beberapa penelitian terdahulu terkait regresi nonparametrik *spline* dengan basis fungsi *B-Spline*, di antaranya seperti Rahmawati, dkk (2017) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa untuk estimasi data persentase penduduk miskin di daerah Jawa Tengah memilih model *B-Spline* linier (orde 2) sebagai model *B-Spline* terbaik yang diperoleh berdasarkan nilai GCV yang paling kecil dan menghasilkan data prediksi yang cenderung mengikuti pergerakan data aslinya. Penelitian lain terkait regresi nonparametrik *spline* dengan basis fungsi *B-Spline* adalah Dewi, dkk (2020) melakukan penelitian dengan kesimpulan bahwa pada kasus *pneumonia* balita di Provinsi Bali menggunakan regresi nonparametrik *B-Spline* diperoleh model terbaik pada *B-Spline* kuadratik (orde 3). Model terbaik tersebut mampu menerangkan keragaman jumlah kasus *pneumonia* balita pada 57 kecamatan di Provinsi Bali tahun 2018. Penelitian lainnya yaitu Rahasia, dkk (2020) menyimpulkan model *B-Spline* terbaik diperoleh berdasarkan pemilihan titik knot optimal yang didapat dari nilai GCV terkecil dan berdasarkan perhitungan dari  $R^2$ , model yang dapat digunakan untuk mengetahui indikasi naik atau turunnya nilai *kurs* yang akan terjadi yakni model *B-Spline*.

Dalam teori makro, Panjaitan dan Wardoyo (2016) menjelaskan bahwa kenaikan harga (inflasi) merupakan masalah ekonomi makro yang sering dihadapi setiap negara. Di negara berkembang seperti Indonesia, inflasi merupakan masalah ekonomi yang mendapat perhatian khusus dari instansi pemerintah. Menurut Ginting (2016) salah satu indikator ekonomi yang penting dan berpengaruh

signifikan terhadap pencapaian suatu negara adalah inflasi. Pergerakan inflasi merupakan sebab masalah bagi negara berkembang. Oleh karena itu, sangat menarik untuk dijadikan topik pembahasan karena dampaknya cukup luas (Kalalo, dkk., 2016). Dari beberapa referensi terkait inflasi dapat ditarik kesimpulan bahwa inflasi merupakan masalah yang mempengaruhi perekonomian setiap negara, terutama negara berkembang seperti Indonesia. Hal itu dikarenakan inflasi memiliki dampak yang besar, sehingga layak untuk dijadikan pokok bahasan pada penelitian ini.

Berbicara terkait inflasi yang merupakan suatu permasalahan ekonomi dan memiliki dampak besar bagi negara. Suatu permasalahan tersebut seperti yang dijelaskan dalam Al-Qur'an bahwa manusia akan diuji oleh Allah dengan beberapa permasalahan tertentu. Tujuannya yaitu Allah mengajarkan kepada manusia untuk belajar sabar. Orang-orang yang sabar tersebut nantinya akan mendapatkan suatu keberkahan tertentu. Sebagaimana Kementrian Agama RI (2010) dalam Al-Qur'an yang ditebitkan oleh Jabal pada Q.S Al-Baqarah ayat 155 yang artinya:

*“Dan Kami pasti akan menguji kamu dengan sedikit ketakutan, kelaparan, kekurangan harta, jiwa, dan buah-buahan. Dan sampaikanlah kabar gembira kepada orang-orang yang sabar”*

Ayat tersebut terdapat istilah “Kami pasti akan mengujimu dengan sesuatu” yang memiliki pemaknaan bahwa musibah (permasalahan) yang berarti ujian adalah sebuah kepastian yang akan selalu dihadapi oleh manusia dari masa ke masa (Afandi dan Mahmud, 2020). Dalam konteks penelitian ini ujian yang dimaksud yakni terjadi suatu inflasi yang berpengaruh besar pada jalannya perekonomian suatu negara.

Menurut Panjaitan dan Wardoyo (2016) dari hasil analisis pada penelitian mereka diperoleh bahwa laju inflasi di Indonesia ini dipengaruhi oleh beberapa variabel (faktor) yang signifikan di antaranya seperti Jumlah Uang Beredar (JUB) dan BI *Rate*. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan secara simultan variabel (faktor) yang memiliki efek signifikan terhadap laju inflasi yakni *kurs*, JUB, BI *Rate* dan ekspor bersih. Menurut Ginting (2016) faktor atau variabel prediktor yang berpengaruh positif dan signifikan terhadap inflasi yaitu *output gap*, nilai tukar, JUB dan suku bunga BI. Dari kedua rujukan tersebut, maka penelitian ini memilih suku bunga (BI *Rate*), nilai tukar (*kurs*) dan jumlah uang beredar (JUB) yang merupakan faktor-faktor terjadinya inflasi sebagai variabel prediktor (variabel bebas) dan inflasi sebagai variabel respon (variabel tidak bebas).

Berdasarkan beberapa hasil penelitian sebelumnya terkait *B-Spline*, peneliti mengambil topik penelitian mengenai regresi nonparametrik *B-Spline* untuk memodelkan inflasi di Indonesia. Peneliti tertarik untuk mengambil topik penelitian tersebut dengan tujuan menerapkan regresi nonparametrik *B-Spline* dalam mencari model pada permasalahan inflasi Indonesia. Model terbaik tersebut nantinya digunakan untuk mengetahui keakuratan model dalam menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Indonesia.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di subbab sebelumnya, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana model regresi nonparametrik *B-Spline* pada faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Indonesia?

2. Bagaimana keakuratan model regresi nonparametrik *B-Spline* dalam menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Indonesia?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yakni:

1. Mengetahui model regresi nonparametrik *B-Spline* pada faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Indonesia.
2. Mengetahui keakuratan model regresi nonparametrik *B-Spline* dalam menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Indonesia.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

Mengetahui wawasan baru terkait pemodelan regresi nonparametrik menggunakan metode *B-Spline*.

2. Bagi Program Studi

Menjadikan bahan referensi pembelajaran bagi mahasiswa terkait materi non parametrik *B-Spline*.

3. Bagi Pembaca

Sebagai tambahan wawasan atau referensi terkait regresi nonparametrik menggunakan metode *B-Spline* yang diterapkan pada data inflasi.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan agar dapat terfokus mencapai tujuan penelitian di antaranya yakni:

1. Data inflasi Indonesia dan beberapa faktor terjadinya inflasi (suku bunga, nilai tukar dan jumlah uang beredar) merupakan data sekunder yang difokuskan dari bulan Januari 2019-Desember 2022.
2. Pemilihan titik knot optimal menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV).
3. Perhitungan keakuratan model menggunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ).
4. Orde yang digunakan yakni orde 2,3 dan 4.
5. Jumlah titik knot yang digunakan sebanyak 1 titik knot.

### 1.6 Definisi Istilah

- Variabel Prediktor : Variabel bebas yang mempengaruhi atau menjadi sebab timbulnya variabel tidak bebas
- Variabel Respon : Variabel yang dipengaruhi atau sebagai akibat adanya variabel bebas
- Regresi : Metode sederhana untuk memperkirakan hubungan antara variabel terikat dan variabel independen
- Letak Intervensi : Letak yang dipengaruhi oleh kejadian di luar kendali yang mengakibatkan perubahan pada pola data
- Trace* : Jumlah seluruh elemen-elemen diagonal utama



## BAB II

### KAJIAN TEORI

#### 2.1 Teori Pendukung

##### 2.1.1 Regresi Nonparametrik

Menurut Eubank (1999) regresi nonparametrik merupakan suatu model pendekatan yang dilakukan jika bentuk fungsi regresinya tidak diketahui atau tidak memiliki pola tertentu. Regresi nonparametrik disebut sebagai regresi yang tidak terikat asumsi tertentu sehingga memiliki fleksibilitas tinggi karena menyesuaikan data. Model umum regresi nonparametrik adalah sebagai berikut:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.1)$$

dengan:

$y_i$  : Variabel respon (tidak bebas) dari data ke- $i$

$x_i$  : Variabel prediktor (bebas) dari data ke- $i$

$f(x_i)$  : Fungsi nonparametrik yang tidak diketahui

$\varepsilon_i$  : *Error* dari setiap data ke- $i$

Persamaan (2.1) tersebut dapat digunakan apabila variabel prediktor yang digunakan sebanyak 1 variabel. Menurut Afa, dkk (2018) jika variabel prediktor yang digunakan sebanyak lebih dari 1 variabel atau bisa disebut dengan multivariabel, maka persamaan regresi nonparametriknya dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y_i &= f_1(x_{1i}) + f_2(x_{2i}) + \dots + f_p(x_{pi}) + \varepsilon_i \\ &= \sum_{l=1}^p f_l(x_{li}) + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (2.2)$$

dengan:

$f_l(x_{li})$  : Fungsi regresi nonparametrik variabel prediktor ke  $-l$  dari data ke  $-i$

## 2.1.2 *B-Spline*

### 2.1.2.1 Fungsi *B-Spline*

Regresi *spline* merupakan salah satu jenis regresi *piece-wise polynomial* atau biasanya diartikan sebagai polinomial yang memiliki sifat tersegmen. Sifat tersegmen ini maksudnya dapat memberikan fleksibilitas yang lebih dari polinomial biasa. Hal itu dapat memungkinkan untuk penyesuaian diri secara lebih efektif terhadap karakteristik suatu data (Budiantara dkk, 2006). Regresi *spline* dapat menyesuaikan diri terhadap pola data yang naik turun secara tajam dengan adanya titik knot sehingga ini adalah alasan mengapa regresi *spline* seringkali digunakan (Rahmawati, dkk., 2017).

Basis fungsi *B-Spline* adalah basis alternatif bagi basis fungsi *truncated* yang mempunyai kelemahan saat orde tinggi, jumlah knot yang banyak dan letak knot yang terlalu dekat akan mengakibatkan persamaan sulit diselesaikan dikarenakan telah membentuk matriks yang hampir singular (Eubank dalam Budiantara dkk, 2006). Ada 3 kriteria yang harus diperhatikan dalam membentuk model regresi *spline* dengan basis fungsi *B-Spline* di antaranya yakni menentukan orde untuk model, menentukan banyaknya knot, dan menentukan lokasi penempatan knot (Rahmawati, dkk., 2017). Menurut Ariesta, dkk (2021) model regresi nonparametrik jika didekati dengan fungsi *B-Spline* berorde  $m$  dengan  $k$  knot memiliki persamaan sebagai berikut:

$$f(x_i) = \sum_{j=1}^{m+k} \beta_j B_{j-m,m}(x_i) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

dengan:

$B_{j-m,m}(x)$  : Basis *B-Spline* dengan orde  $m$  dengan  $m = 2,3,4$  pada titik knot ke- $j$

$\beta_j$  : Parameter regresi *B-Spline* pada titik knot ke- $j$ .

Cara membangun fungsi *B-Spline* orde  $m$  dengan letak titik knot  $u_1, u_2, \dots, u_k$  dimana  $a < u_1 < u_2 < \dots < u_k < b$ , langkah pertama yakni mendefinisikan knot tambahan sebanyak  $2m$  yaitu  $u_{-(m-1)} < \dots < u_{-1} < u_0 < \dots < u_{(m+k)}$  dimana  $u_{-(m-1)} = \dots = u_0 = a$  dan  $u_{k+1} = \dots = u_{(k+m)} = b$ .  $a$  diambil dari nilai minimum  $x$  dan  $b$  diambil dari nilai maksimum  $x$ .

Menurut Devi, dkk (2014) dari persamaan (2.1) dan (2.3) model regresi nonparametrik jika didekati dengan fungsi *B-Spline* berorde  $m$  dan  $k$  knot didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$y_i = \sum_{j=1}^{m+k} \beta_j B_{j-m,m}(x_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.4)$$

Menurut Ariesta, dkk (2021) fungsi *B-Spline* dengan orde  $m$  pada titik knot ke- $j$  dapat didefinisikan secara rekursif sebagai berikut:

$$B_{j,m}(x) = \frac{x - u_j}{u_{j+m-1} - u_j} B_{j,m-1}(x) + \frac{u_{j+m} - x}{u_{j+m} - u_{j+1}} B_{j+1,m-1}(x) \quad (2.5)$$

dengan  $j = -(m-1), \dots, k$  dan

$$B_{j,1}(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } u_j < x \leq u_{j+1} \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases} \quad (2.6)$$

Menurut Rahmawati, dkk (2017) derajat atau orde dari *B-Spline* dapat disimbolkan dengan  $m$ . Macam-macam basis fungsi *B-Spline* yang dikategorikan berdasarkan orde  $m$  dibagi menjadi tiga di antaranya:

1. Orde  $m = 2$  memberikan basis fungsi *B-Spline* linear, dengan fungsi sebagai berikut:

$$B_{j,2}(x) = \frac{x-u_j}{u_{j+1}-u_j} B_{j,1}(x) + \frac{u_{j+2}-x}{u_{j+2}-u_{j+1}} B_{j+1,1}(x) \text{ dengan } j = -1, \dots, k \quad (2.7)$$

2. Orde  $m = 3$  memberikan basis fungsi *B-Spline* kudratik, dengan fungsi sebagai berikut:

$$B_{j,3}(x) = \frac{x-u_j}{u_{j+2}-u_j} B_{j,2}(x) + \frac{u_{j+3}-x}{u_{j+3}-u_{j+1}} B_{j+1,2}(x) \text{ dengan } j = -2, \dots, k \quad (2.8)$$

3. Orde  $m = 4$  memberikan basis fungsi *B-Spline* kubik, dengan fungsi sebagai berikut:

$$B_{j,4}(x) = \frac{x-u_j}{u_{j+3}-u_j} B_{j,3}(x) + \frac{u_{j+4}-x}{u_{j+4}-u_{j+1}} B_{j+1,3}(x) \text{ dengan } j = -3, \dots, k \quad (2.9)$$

### 2.1.2.2 Titik Knot

Menurut Yuniartika, dkk (2013) titik knot disebut sebagai titik fokus yang dapat menunjukkan bahwa kurva yang terbentuk pada fungsi *spline* ini tersegmen pada suatu titik tertentu. Titik knot juga dapat diartikan sebagai parameter penghalus dalam *spline*. Titik knot dapat ditentukan dengan cara melakukan plot data terlebih dahulu kemudian penentuan titik knot tersebut ditentukan dari letak intervensi pada plot. Menurut Huang dan Shen (2004) penentuan letak titik knot dapat dilakukan dengan beberapa cara. Cara pertama yakni dengan membagi jarak antar knot sama besar. Cara kedua dengan membagi jumlah amatan yang sama banyak (knot kuantil). Cara yang terakhir yaitu menentukan posisi secara eksploratif sesuai dengan perubahan bentuk kurva. Cara kedua merupakan

penentuan letak titik knot yang umumnya dipilih karena lebih efektif dengan membagi jumlah amatan sama banyak (knot kuantil).

### 2.1.2.3 Metode *Generalized Cross Validation (GCV)*

*Generalized Cross Validation (GCV)* adalah suatu metode yang berguna untuk pemilihan titik knot yang optimal. Perolehan nilai GCV yang minimum tersebut dapat menghasilkan titik knot optimal sehingga dapat menentukan model *B-Spline* terbaik. Semakin kecil nilai GCV yang diperoleh maka akan menghasilkan model regresi *B-Spline* terbaik. Menurut Eubank (1999) metode GCV dapat dituliskan sebagai berikut:

$$GCV(k_1, k_2, \dots, k_n) = \frac{MSE(k_1, k_2, \dots, k_n)}{(n^{-1} \text{trace}[I - A(k_1, k_2, \dots, k_n)])^2} \quad (2.10)$$

dengan:

$k_i$  : Titik knot ke- $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$

$n$  : Banyaknya data

$I$  : Matriks identitas

$MSE$  :  $n^{-1} \sum_{j=1}^P (y_j - \hat{y}(x_j))^2$

$A(k_1, k_2, \dots, k_n) : X(X'X)^{-1}X'$

### 2.1.3 Keakuratan Model

Salah satu alat analisis yang digunakan untuk mengukur keakuratan suatu model regresi adalah koefisien determinasi. Koefisien determinasi biasa diartikan sebagai alat analisis untuk mengetahui seberapa besar keragaman dalam variabel respon yang dijelaskan oleh variabel prediktor. Koefisien determinasi biasanya

disimbolkan dengan  $R^2$ . Nilai  $R^2$  tersebut menunjukkan seberapa besar persentase keragaman dalam variabel respon yang dijelaskan oleh variabel prediktor. Kisaran untuk nilai dari  $R^2$  adalah 0 sampai 1 ( $0 \leq R^2 \leq 1$ ). Semakin dekat  $R^2$  dengan 1 maka semakin baik kecocokan data dengan model dan sebaliknya semakin dekat  $R^2$  dengan 0 maka semakin jelek model tersebut (Sembiring dalam Ariesta, dkk., 2021).

Menurut Santosa dan Hamdani (2007) koefisien determinasi ( $R^2$ ) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.11)$$

dengan:

$\hat{y}_i$  : Nilai estimasi peubah respon ke- $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$

$\bar{y}$  : Rata-rata peubah respon

$y_i$  : Nilai peubah respon ke- $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$

Menurut Sugiyono dalam (Ariesta, dkk., 2021) koefisien determinasi mempunyai kriteria-kriteria sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Kriteria Koefisien Determinasi

<b>Interval Koefisien Determinasi</b>	<b>Tingkat Hubungan</b>
0,00–0,199	Sangat Rendah
0,20–0,399	Rendah
0,40–0,599	Sedang
0,60–0,799	Kuat
0,80–1,000	Sangat Kuat

### 2.1.4 Rescaling

Menurut Chamidah, dkk (2012) salah satu metode *rescaling* adalah teknik normalisasi yang digunakan dalam praproses data. Tujuan dari *rescaling* adalah menyamakan skala dari semua data yang akan digunakan agar memiliki nilai dengan rentang 0 sampai 1. *Rescaling* dapat diartikan juga sebagai proses penskalaan nilai dari data yang akan digunakan dengan tujuan semua data terletak pada rentang tertentu. Implementasi *rescaling* ini menggunakan jenis penskalaan normalisasi *min-max*. Normalisasi *min-max* yaitu teknik normalisasi melalui transformasi linier terhadap data asli untuk menghasilkan keseimbangan nilai (Nasution, dkk., 2019). Teknik normalisasi *min-max* ini mengubah nilai-nilai dalam rentang antara 0 dan 1 melalui persamaan sebagai berikut (Permana & Salisah, 2022):

$$Z_i' = \frac{Z_i - \min(Z)}{\max(Z) - \min(Z)} \quad (2.12)$$

dengan:

$Z_i'$  : Nilai variabel ke-i setelah *rescaling*

$Z_i$  : Nilai data awal

$\min(Z)$  : Nilai terkecil dari  $Z$

$\max(Z)$  : Nilai terbesar dari  $Z$

### 2.1.5 Inflasi

Menurut Ginting (2016) inflasi yaitu indikator ekonomi makro yang diandalkan setiap negara untuk mengukur perekonomiannya. Inflasi dianggap sebagai indikator penting karena memiliki pengaruh yang signifikan terhadap

tujuan kebijakan ekonomi makro. Menurut Panjaitan dan Wardoyo (2016) inflasi diartikan sebagai meningkatnya harga-harga secara umum dan terus menerus dari suatu periode ke periode lainnya. Menurut Fadilla (2017) ada empat jenis inflasi yakni ringan, sedang, berat, dan hiperinflasi. Inflasi suatu negara dianggap ringan jika kenaikan harga tahunan di bawah 10 persen. Inflasi sedang didefinisikan sebagai tingkat yang berfluktuasi antara 10 dan 30 persen per tahun. Dikenal sebagai inflasi berat ketika naik antara 30 dan 100 persen per tahun. Terakhir, hiperinflasi juga dikenal sebagai inflasi yang tidak terkendali, terjadi ketika kenaikan harga tahunan melebihi 100 persen.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan oleh Panjaitan dan Wardoyo (2016) disimpulkan bahwa variabel jumlah uang beredar dan *BI Rate* mempunyai pengaruh secara signifikan terhadap laju inflasi di Indonesia. Sedangkan variabel lainnya yaitu *kurs* dan ekspor bersih tidak mempunyai pengaruh secara signifikan terhadap inflasi di Indonesia. Hasil pengujian yang dilakukan secara simultan (bersama-sama) menunjukkan bahwa *kurs*, jumlah uang beredar, *BI Rate* dan ekspor bersih mempunyai pengaruh terhadap inflasi di Indonesia. Menurut Ginting (2016) dari hasil analisa didapatkan kesimpulan bahwa variabel *output gap*, nilai tukar, jumlah uang beredar dan suku bunga BI memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap inflasi. Untuk itu pemerintah harus melakukan pengendalian level inflasi di Indonesia dengan cara mengendalikan nilai tukar pada level yang rendah dan stabil serta mengontrol secara ketat jumlah uang yang beredar. Penetapan suku bunga Bank Indonesia yang tepat untuk menjaga inflasi dan mendorong roda perekonomian Indonesia.



Tingkat inflasi suatu negara harus berada pada tingkat yang optimal, atau pada tingkat tertentu, untuk menjaga daya beli masyarakat dan mendorong pertumbuhan ekonomi. Untuk mempertahankan tingkat inflasi yang stabil, suatu negara dapat merencanakan langkah-langkah untuk mengatasi inflasi yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Pelaku ekonomi akan merasa nyaman dalam menjalankan kegiatan ekonominya jika inflasi tetap stabil. Situasi ekonomi suatu negara mendapat manfaat dari ini. Dengan kata lain, stabilitas ekonomi nasional diawali dengan stabilitas inflasi (Ginting, 2016).

## **2.1.6 Variabel Prediktor**

### **2.1.6.1 BI Rate**

Menurut Panjaitan dan Wardoyo (2016) *BI Rate* atau tingkat suku bunga merupakan salah satu pemicu terjadinya inflasi. Suku bunga dapat diartikan sebagai biaya yang harus dibayar oleh peminjam atas pinjaman yang diterima dan merupakan imbalan bagi pemberi pinjaman atas investasinya (Nopirin dalam Panjaitan dan Wardoyo, 2016). Suku bunga akan mempengaruhi variabel makroekonomi yang mana berdampak terhadap inflasi. Peningkatan suku bunga dapat bertujuan untuk mengurangi laju aktivitas ekonomi yang dapat memicu penurunan inflasi. Pada saat suku bunga di BI naik maka suku bunga kredit dan deposito akan mengalami peningkatan. Ketika tingkat suku bunga deposito naik, masyarakat akan cenderung menyimpan uangnya di bank dan jumlah uang yang beredar menjadi berkurang. Pada suku bunga kredit, kenaikan tingkat suku bunga akan merangsang para pelaku usaha untuk mengurangi investasi karena biaya modal menjadi semakin tinggi (Ginting, 2016).

### 2.1.6.2 *Kurs*

Menurut Saputra (dalam Panjaitan dan Wardoyo, 2016) *kurs* atau biasa disebut dengan nilai tukar adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi inflasi di Indonesia. Secara garis besar terdapat dua jenis sistem nilai tukar (*kurs*), yaitu sistem *kurs* mengambang (*floating exchange rate system*) dan sistem *kurs* tetap (*fixed exchange rate system*). Jika nilai mata uang suatu negara ditetapkan berdasarkan mekanisme pasar, maka negara tersebut dikatakan menganut sistem mengambang. Sebaliknya jika sistem nilai tukar ditetapkan pemerintah maka sistem yang digunakan adalah sistem *kurs* tetap. Namun ada juga negara yang membiarkan nilai mata uangnya berada pada mekanisme pasar dan jika pergerakan mata uang melampaui batas, pemerintah melakukan intervensi. Sistem seperti ini disebut sistem nilai tukar terkendali (*managed floating exchange rate*) (Ginting, 2016).

Ketidakstabilan nilai tukar ini akan mempengaruhi arus modal atau investasi dan perdagangan internasional. Indonesia sebagai negara yang banyak mengimpor bahan baku industri mengalami dampak dan ketidakstabilan *kurs* ini, yang dapat dilihat dari melonjaknya biaya produksi sehingga menyebabkan harga barang-barang milik Indonesia mengalami peningkatan. Dengan melemahnya rupiah menyebabkan perekonomian Indonesia menjadi goyah dan dilanda krisis ekonomi dan kepercayaan terhadap mata uang dalam negeri. Dengan adanya lonjakan-lonjakan drastis pada tingkat *kurs* tersebut akan membuat para produsen kesulitan untuk mendapatkan bahan baku, barang modal dan barang modal yang mempunyai kandungan impor yang tinggi sehingga kemudian akan berdampak pada naiknya biaya untuk mengimpor barang untuk keperluan proses produksi sehingga akan mempengaruhi tingkat harga domestik yang merupakan cerminan dari tingkat

inflasi. Oleh karena itu, nilai tukar (*kurs*) juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi inflasi di Indonesia (Saputra dalam Panjaitan dan Wardoyo, 2016).

### **2.1.6.3 Jumlah Uang Beredar (JUB)**

Menurut Gujon dalam Ginting (2016) menjelaskan bahwa dalam penelitiannya faktor determinan dalam menentukan level inflasi di suatu negara salah satunya adalah jumlah uang beredar. Jumlah uang beredar dapat diartikan sebagai keseimbangan terhadap permintaan dan penawaran uang yang terjadi di pasar uang. Jumlah uang yang disupplay ditentukan jumlahnya oleh Bank Sentral, sedangkan jumlah uang yang diminta jumlahnya ditentukan oleh pelaku ekonomi baik itu rumah tangga, perusahaan maupun pemerintah. Ketika terjadi peningkatan jumlah uang beredar menjadikan uang semakin banyak dan berdampak terhadap peningkatan harga atau inflasi.

Jumlah uang beredar secara definisi dapat diartikan sebagai jumlah uang yang tersedia dalam perekonomian. Uang beredar sendiri biasanya dibedakan menjadi uang beredar dalam arti sempit (M1) yang mencakup uang kartal dan uang giral, serta uang beredar dalam arti luas (M2) yaitu mencakup M1 (uang kartal dan uang giral) ditambah dengan simpanan yang terdiri dari tabungan dan deposito (Ginting, 2016). Penelitian ini menggunakan data jumlah uang beredar dalam arti luas (M2).

## 2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Qur'an

Menurut Zakiyah (2018) dalam perspektif Al-Qur'an, sumber penyebab munculnya gejolak ekonomi ditunjukkan dengan inflasi yang tinggi adalah akibat penggunaan mata uang yang menyimpang dari Al-Qur'an. Penyimpangan itu tidak lain adalah menjadikan mata uang sebagai alat komoditi dalam rangka untuk mendapatkan keuntungan. Keuntungan itu disebut oleh Al-Qur'an dengan istilah riba. Riba dalam Al-Qur'an sesuai Kementerian Agama RI (2010) yang ditebitkan oleh Jabal telah dijelaskan dalam Q.S Al-Baqarah ayat 275 yang artinya :

*“Orang-orang yang memakan riba tidak dapat berdiri melainkan seperti berdirinya orang yang kemasukan syaitan karena gila. Yang demikian itu karena mereka berkata bahwa jual beli itu sama dengan riba. Padahal Allah telah menghalalkan jual beli dan mengharamkan riba. Barangsiapa mendapat peringatan dari Tuhannya, lalu dia berhenti, maka apa yang telah diperolehnya dahulu menjadi miliknya dan urusannya (terserah) kepada Allah. Barangsiapa mengulangi, maka mereka itu penghuni neraka, mereka kekal di dalamnya”*

Menurut Zainuddin dan Zainuddin (2022) maksud dari ayat tersebut adalah cara memperoleh keuangan atau keuntungan dengan sistem bunga itu dilarang dalam Al-Qur'an yakni yang biasa disebut dengan riba. Namun, jual beli atau praktik sistem bagi hasil itu dihalalkan oleh Al-Qur'an. Menurut Zakiyah (2018) gambaran atau sanksi terkait manusia yang memakan riba tersebut dijelaskan dalam Q.S Al-Baqarah: 275 menunjukkan bahwa orang tersebut tidak dapat berdiri tetapi berdirinya seperti kerasukan setan. Kebanyakan para mufassir dalam kitab-kitab tafsir memberikan penafsiran yang artinya “tidak bisa berdiri” adalah keadaan ketika dibangkitkan dari alam kubur pada hari kiamat nanti. Keadaan tersebut akibat dari memakan (mengambil) riba.

Selain akan mengalami keadaan “tidak bisa berdiri” kelak di akhirat (sebagaimana yang digambarkan oleh para ahli tafsir), keadaan tersebut juga akan

dialami para pengambil riba di dunia ini. Hal tersebut ditinjau dari pendekatan pemahaman yang didasarkan pada penjelasan dari keumuman ayat-ayat Al-Qur'an yang lain. Ada banyak ayat Al-Qur'an yang memberi penjelasan secara umum, bahwa jika manusia melakukan penyimpangan atau berpaling dari petunjuk Al-Qur'an, maka manusia pasti akan merasakan kehidupan yang sengsara di dunia ini. Sesuai Kementrian Agama RI (2010) dalam Al-Qur'an yang ditebitkan oleh Jabal salah satu ayat yang menjelaskan hal tersebut adalah firman Allah Swt dalam Q.S Thaha: 124:

*“Dan barangsiapa berpaling dari peringatan-Ku, maka sungguh, dia akan menjalani kehidupan yang sempit, dan Kami akan mengumpulkannya pada hari kiamat dalam keadaan buta”*

Ayat tersebut memberikan penjelasan secara umum, bahwa setiap manusia yang menyimpang dari Al-Qur'an dampaknya tidak hanya akan dirasakan di akhirat, akan tetapi juga akan dirasakan di dunia ini, yaitu akan menyebabkan kehidupan yang menderita. Dari kedua ayat tersebut berbicara terkait konteks pengambilan riba. Riba adalah persoalan yang terkait dengan bidang ekonomi. Tidak hanya sekedar kegoncangan di akhirat saja, akan tetapi kegoncangan tersebut juga dialami oleh para pengambil riba di dunia ini. Kegoncangan tersebut tidak lain adalah kegoncangan ekonomi atau dengan istilah yang lebih teknis adalah “ketidakstabilan ekonomi” (Zakiah, 2018).

### **2.3 Kajian Topik dengan Teori Pendukung**

Bagian pendahuluan telah dijelaskan bahwasanya terdapat penelitian sebelumnya yang membahas terkait regresi nonparamterik *B-Spline*. Peneliti yang pertama adalah Rahmawati, dkk (2017) menggunakan data persentase penduduk

miskin untuk dijadikan sebagai variabel respon ( $y$ ) pada penelitiannya, sedangkan untuk variabel prediktor ( $x$ ) menggunakan 3 variabel prediktor yaitu terkait data laju pertumbuhan ekonomi ( $x_1$ ), tingkat pengangguran terbuka ( $x_2$ ) dan tingkat pendidikan terakhir SMA ke atas ( $x_3$ ). Kesimpulan yang didapatkan bahwasanya model *B-Spline* terbaik untuk estimasi data pada penelitiannya adalah model *B-Spline* ketika  $x_1$ ,  $x_2$  dan  $x_3$  berorde 2. Banyaknya knot yang digunakan sebanyak 1 knot pada  $x_1$  dan  $x_2$ . Tepatnya pada titik 4,51273 untuk  $x_1$  dan titik 3,60626 untuk  $x_2$ . Sedangkan untuk  $x_3$  sebanyak 2 knot yaitu pada titik 11,4129 dan 16,2481. Model tersebut dipilih menjadi model terbaik dikarenakan mengacu pada nilai GCV minimum yakni sebesar 9,79353. Terkait komparasi data asli dengan hasil prediksi menghasilkan bahwa prediksi yang dihasilkan cenderung mengikuti pergerakan data aslinya.

Penelitian lain terkait regresi nonparametrik *spline* dengan basis fungsi *B-Spline* yakni Dewi, dkk (2020) yang menggunakan data jumlah kasus pneumonia pada balita pada 57 kecamatan di Provinsi Bali tahun 2018 sebagai variabel respon ( $y$ ) dan dengan jumlah variabel prediktor ( $x$ ) sebanyak 6 variabel. Kesimpulan dari penelitian tersebut yakni pada kasus *pneumonia* balita di Provinsi Bali menggunakan regresi nonparametrik *B-Spline* diperoleh model terbaik pada *B-Spline* kuadratik (orde 3) dengan 5 titik knot optimal. Model terbaik tersebut menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,8778634 yang artinya model tersebut mampu menerangkan keragaman jumlah kasus *pneumonia* balita pada 57 kecamatan di Provinsi Bali tahun 2018.

Penelitian lainnya yaitu Rahasia, dkk (2020) menggunakan data sekunder berupa data *time series* untuk nilai tukar mata uang rupiah (IDR) terhadap Dollar

(USD). Kesimpulan dari penelitiannya adalah model *B-Spline* terbaik diperoleh diperoleh dari nilai GCV minimum dengan model *B-Spline* linier dan 2 titik knot. Model regresi *B-Spline* menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 1,00 sehingga dapat digunakan untuk mengetahui indikasi naik-turunnya nilai *kurs* yang akan terjadi. Terkait grafik prediksi menunjukkan bahwa nilai prediksi *kurs* tidak sama persis dengan nilai aktual *kurs*, tetapi pergerakan kurva prediksi memiliki kecenderungan mengikuti pergerakan *kurs* aktual.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian kuantitatif merupakan jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Menurut Abdullah (2015) penggunaan data numerik atau kuantitatif dalam penelitian semacam ini dikenal dengan jenis penelitian kuantitatif. Data kuantitatif tersebut akan disusun dan dianalisis dalam penelitian ini sesuai dengan teori terkait metode yang akan digunakan oleh peneliti. Penelitian yang akan dilakukan dapat diartikan sebagai penelitian dengan menerapkan teori tertentu pada data yang dikumpulkan sebelumnya guna mencari kesimpulan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini.

#### **3.2 Data dan Sumber Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data yang telah diperoleh dari lembaga pendataan dan disediakan untuk umum oleh lembaga tersebut merupakan arti dari data sekunder (Hanke dan Reitsch dalam Hamid dan Susilo, 2015). Data pada penelitian ini diperoleh dari beberapa sumber di antaranya sumber data inflasi dan *kurs* dari *website* resmi Bank Indonesia (BI) sedangkan data *BI Rate* dan jumlah uang beredar (JUB) diambil dari *website* resmi Badan Pusat Statistik (BPS). Semua data difokuskan dari bulan Januari 2019-Desember 2022 dan pengaksesan data pada tanggal 19 Januari 2023.



Variabel data pada penelitian ini terbagi menjadi dua jenis variabel yaitu variabel respon atau tidak bebas ( $y$ ) dan variabel prediktor atau bebas ( $X$ ) dan dengan rincian pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian

Simbol	Variabel	Satuan
$y$	Inflasi	Persentase (%)
$x_1$	Suku Bunga Bank Indonesia ( <i>BI Rate</i> )	Persentase (%)
$x_2$	<i>Kurs</i> Valuta Asing (Rupiah terhadap Dolar AS)	Rupiah
$x_3$	Jumlah Uang Beredar ( <i>JUB</i> )	Milyar Rupiah

### 3.3 Tahapan Penelitian

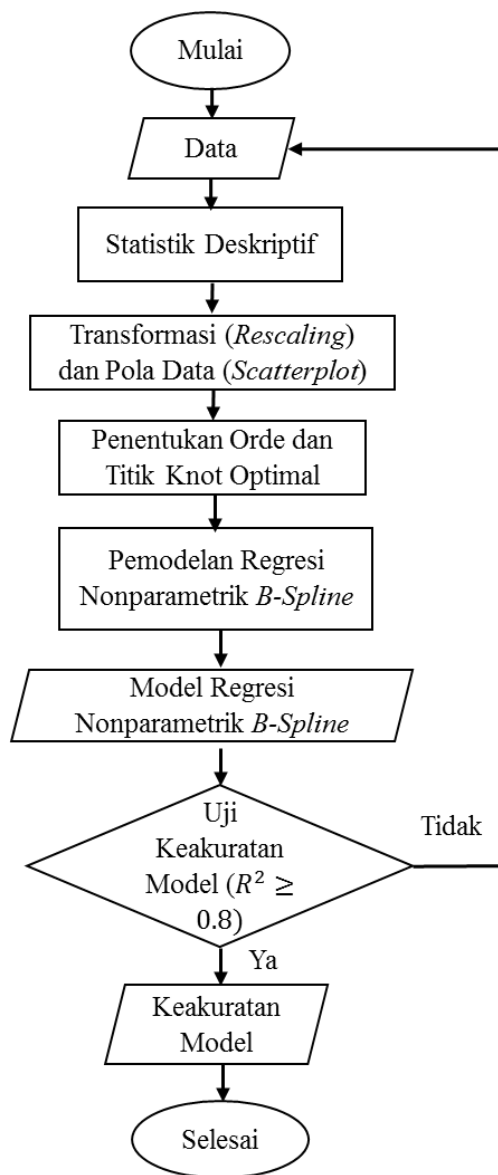
Penelitian ini akan mengolah data terkait inflasi di Indonesia dimulai dari periode Januari 2019-Desember 2022 dengan menggunakan regresi nonparametrik *B-Spline*. Adapun langkah-langkahnya yakni sebagai berikut:

1. Pemodelan regresi nonparametrik *B-Spline* pada faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Indonesia dapat diketahui dengan beberapa tahap di antaranya:
  - a. Mendeskripsikan data penelitian
  - b. Melakukan transformasi data menggunakan *rescaling* untuk menyamakan skala (satuan) pada data penelitian. Dilanjutkan dengan *scatterplot* pada masing-masing variabel prediktor dengan variabel respon guna mengetahui pola data
  - c. Menentukan orde dan titik knot optimal dari nilai GCV minimum berdasarkan hasil data *rescaling*

- d. Melakukan pemodelan regresi nonparametrik *B-Spline* berdasarkan orde dan titik knot optimal yang didapat dari nilai GCV minimum.
2. Keakuratan model regresi nonparametrik *B-Spline* untuk memodelkan inflasi di Indonesia menggunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ).

### 3.4 Flowchart Penelitian

Berikut ini *flowchart* penelitian terkait regresi nonparametrik *B-Spline* untuk memodelkan inflasi di Indonesia.



**Gambar 3.1** Flowchart Penelitian

**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Model Regresi Nonparametrik *B-Spline* pada Inflasi Indonesia**

**4.1.1 Statistik Deskriptif**

Statistik deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan suatu data. Dalam penelitian ini data terkait inflasi Indonesia dengan beberapa faktor yang mempengaruhi inflasi (*BI Rate*, *kurs*, dan jumlah uang beredar (*JUB*)) akan disajikan dalam bentuk tabel yang berguna untuk mencari nilai minimum dan maksimum. Selain dalam bentuk tabel, diagram garis juga digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui apakah data penelitian ini bersifat fluktuatif ataukah tidak. Semua data penelitian ini difokuskan dari bulan Januari 2019-Desember 2022 seperti yang tercantum pada Lampiran 1. Nilai minimum dan nilai maksimum untuk setiap variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

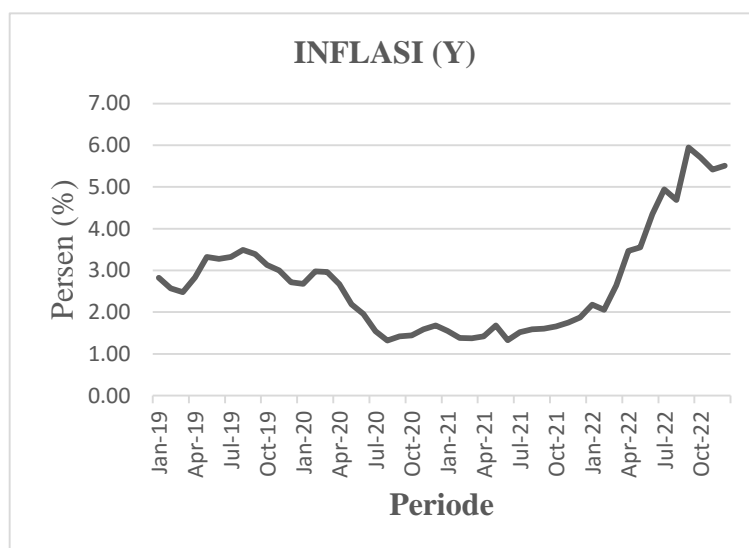
**Tabel 4.1** Nilai Minimum dan Maksimum Data

<b>Data</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
<b>Inflasi</b>	1,320	5,950
<b><i>BI Rate</i></b>	3,500	6,000
<b><i>Kurs</i></b>	13732,23	15867,43
<b>JUB</b>	5644985	8528022,31

Berdasarkan Tabel 4.1 semua data pada masing-masing variabel yang berjumlah 48 data diperoleh bahwa data inflasi memiliki nilai terendah sebesar 1,32 yang terjadi di bulan Agustus 2020. Sedangkan nilai tertinggi dari data inflasi terjadi pada bulan

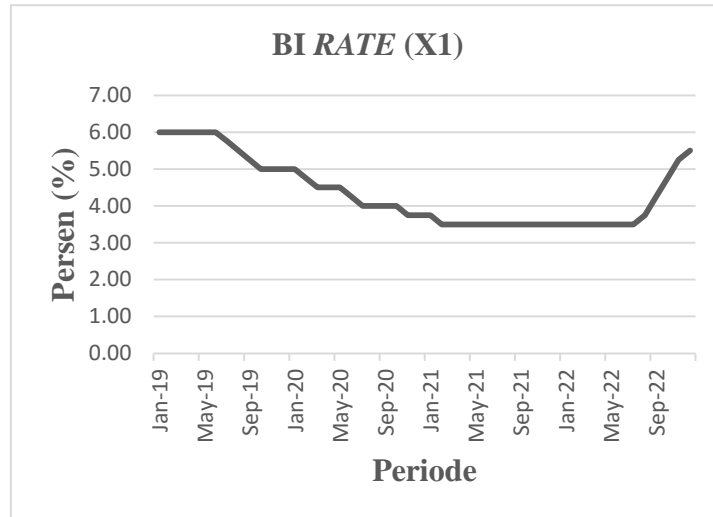
September 2022 sebesar 5,95. Data *BI Rate* atau suku bunga memiliki nilai terendah sebesar 3,5 yang terjadi sangat lama dari bulan Februari 2021-Juli 2022 sedangkan nilai tertinggi dari data *BI Rate* pada bulan November 2018-Juni 2019 dengan nilai sebesar 6. Data *kurs* memiliki nilai terendah tepatnya sebesar 13732,23 yang terjadi di bulan Januari 2020 dan nilai tertinggi tepatnya sebesar 15867,43 yang terjadi di bulan April 2020. Data JUB memiliki nilai terendah sebesar 5644985 pada bulan Januari 2019 dan nilai tertinggi di bulan Desember 2022 tepatnya sebesar 8528022,31.

Untuk mengetahui terkait kefluktuatifan data digunakanlah diagram garis. Diagram garis adalah diagram yang dibentuk untuk menjelaskan perkembangan atau perubahan data dari satu waktu ke waktu lain. Berikut akan disajikan diagram garis pada data inflasi Indonesia dari Januari 2019 hingga Desember 2022:



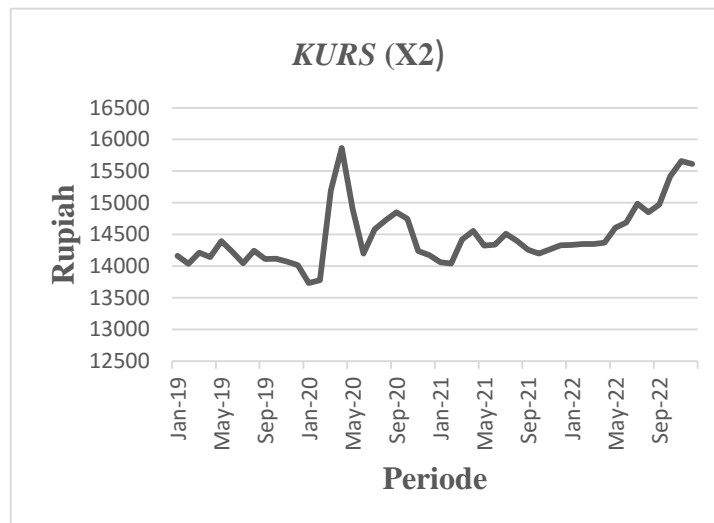
**Gambar 4.1** Diagram Garis Data Inflasi Indonesia

Selain data inflasi, data *BI Rate* juga akan disajikan dalam bentuk diagram garis seperti gambar di bawah ini:



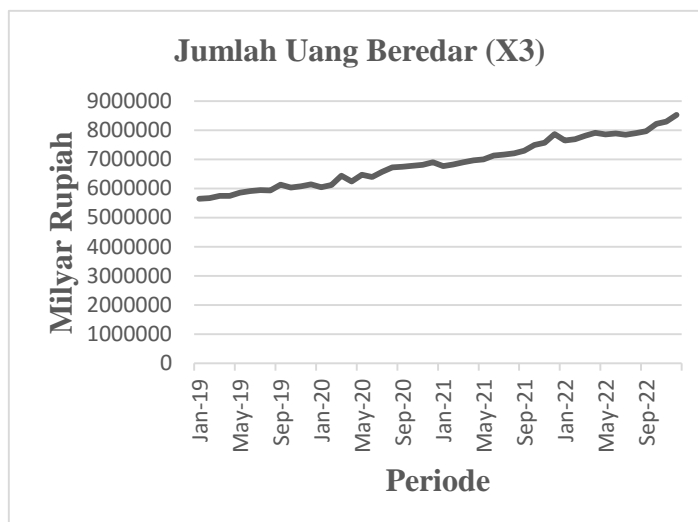
**Gambar 4.2** Diagram Garis Data *BI Rate* (Suku Bunga)

Variabel prediktor lain seperti data *kurs* juga disajikan diagram garis seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 4.3** Diagram Garis Data *Kurs* (Nilai Tukar)

Terkait data jumlah uang beredar memiliki diagram garis seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 4.4** Diagram Garis Data Jumlah Uang Beredar

Dari keempat diagram garis tersebut dapat diketahui bahwa data inflasi, suku bunga, nilai tukar ataupun jumlah uang beredar memiliki data yang bersifat fluktuatif. Artinya data tersebut memiliki perubahan data yang naik turun sehingga cocok diterapkan pada regresi nonparamaterik khususnya *spline*.

#### 4.1.2 Transformasi dan Pola Data

Transformasi data yakni mengubah skala data kedalam bentuk lain. Dikarenakan semua data yang digunakan pada penelitian ini memiliki skala data yang berbeda sehingga diperlukan proses *rescaling*. *Rescaling* dapat diartikan juga sebagai proses penskalaan nilai dari data yang akan digunakan dengan tujuan semua data terletak pada rentang tertentu. Implementasi *rescaling* pada data untuk penelitian ini menggunakan jenis penskalaan normalisasi *min-max*. Teknik normalisasi *min-max* ini mengubah nilai-nilai dalam rentang antara 0 dan 1. Mengacu pada persamaan (2.12) didapatkan hasil *rescaling* data inflasi di bulan Januari 2019 dengan cara:

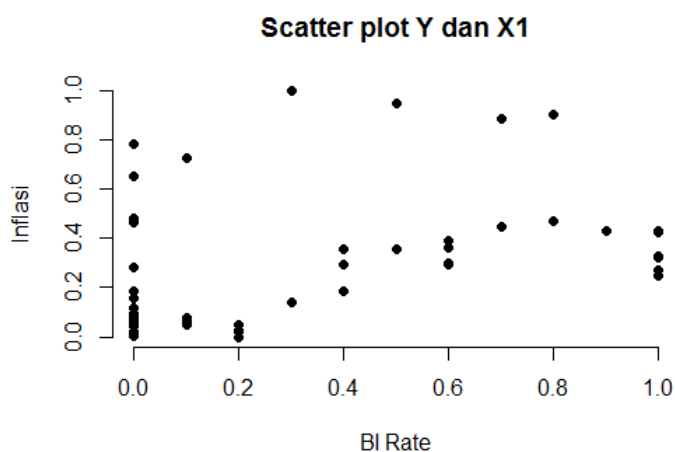
$$\begin{aligned}
 Z_i' &= \frac{2,82 - 1,32}{5,95 - 1,32} \\
 &= \frac{1,5}{4,63} \\
 &= 0,323974082
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Sesuai persamaan 4.1 yang menjadi contoh perhitungan *rescaling* pada data inflasi di bulan Januari 2019. Sehingga didapatkan hasil *rescaling* untuk semua data penelitian tersebut dapat dilihat pada Lampiran 2.

Pola data antara variabel respon dengan variabel prediktor yang digunakan dapat diketahui berdasarkan hasil *scatterplot*. Jika diketahui hasil *scatterplot* tidak mengikuti pola tertentu maka data yang digunakan sangat cocok diterapkan dengan regresi nonparametrik. Berikut ini akan disajikan *scatterplot* pada masing-masing variabel prediktor dengan variabel respon:

1. *Scatterplot* antara variabel  $y$  dan variabel  $x_1$

Bentuk pola hubung inflasi ( $y$ ) dengan BI Rate ( $x_1$ ) dapat digambarkan dalam bentuk pola yang disajikan pada gambar di bawah ini:



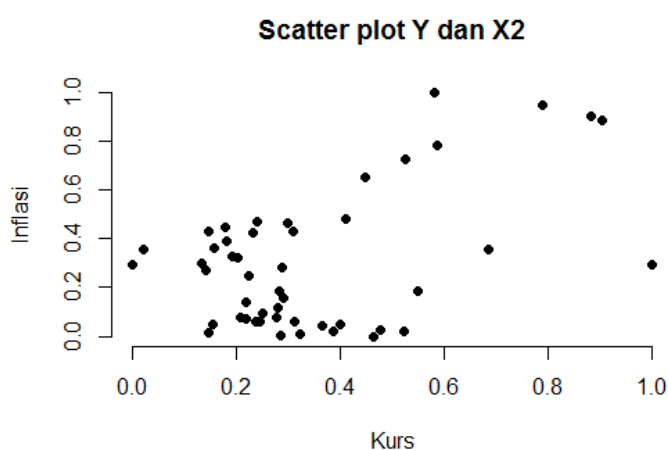
**Gambar 4.5** *Scatterplot*  $y$  dan  $x_1$

Berdasarkan Gambar 4.5 tersebut dapat terlihat bahwa pola hubungan antara variabel respon inflasi ( $y$ ) dengan variabel prediktor BI Rate ( $x$ ) tampak tidak

menunjukkan pola tertentu sehingga cocok diterapkan menggunakan regresi nonparametrik.

2. *Scatterplot* antara variabel  $y$  dan variabel  $x_2$

Bentuk pola hubungan inflasi ( $y$ ) dengan *kurs* ( $x_2$ ) dapat digambarkan dalam bentuk pola yang disajikan pada gambar di bawah ini:



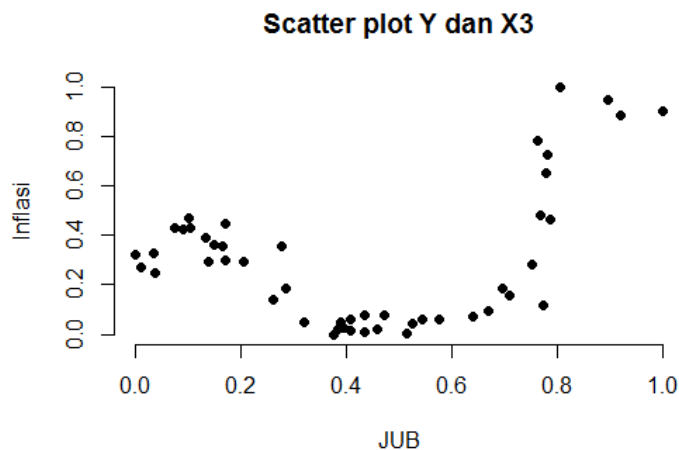
Gambar 4.6 *Scatterplot*  $y$  dan  $x_2$

Berdasarkan Gambar 4.6 tersebut dapat terlihat bahwa pola hubungan antara variabel respon inflasi ( $y$ ) dengan variabel prediktor *kurs* ( $x_2$ ) tampak tidak menunjukkan pola tertentu sehingga cocok diterapkan menggunakan regresi nonparametrik.

3. *Scatterplot* antara variabel  $y$  dan variabel  $x_3$

Bentuk pola hubungan inflasi ( $y$ ) dengan Jumlah Uang Beredar (JUB) ( $x_3$ ) dapat digambarkan dalam bentuk pola yang disajikan pada gambar di bawah ini:





**Gambar 4.7** Scatterplot  $y$  dan  $x_3$

Berdasarkan Gambar 4.7 tersebut dapat terlihat bahwa pola hubungan antara variabel respon inflasi ( $y$ ) dengan variabel prediktor Jumlah Uang Beredar/ JUB ( $x_3$ ) tampak tidak menunjukkan pola tertentu sehingga cocok diterapkan menggunakan regresi nonparametrik.

#### 4.1.3 Penentuan Orde dan Titik Knot Optimal

Dalam mencari model regresi nonparametrik *B-Spline*, penelitian ini memfokuskan orde dan jumlah knot yang akan digunakan. Orde 2,3 dan 4 akan digunakan pada penelitian ini dan jumlah knot sebanyak 1 knot. Penentuan model *B-Spline* terbaik ini diperlukan mencari titik knot optimal. Pemilihan titik knot optimal tersebut didapatkan dari perolehan nilai GCV. Semakin kecil nilai GCV yang diperoleh maka model yang akan didapatkan pada regresi nonparametrik *B-Spline* ini akan semakin baik. Orde dan titik knot optimal yang didapat dari nilai GCV minimum dapat ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4. 2 Orde dan Titik Knot Optimal

Orde			Knot			GCV
$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	
2	2	2	0,4646465	0,3737374	0,4646465	0,01930122
2	2	3	0,3030303	0,1111111	0,4646465	0,02151006
2	2	4	0,03030303	0,2626263	0,4646465	0,01685896
2	3	2	0,4646465	0,3737374	0,4646465	0,01710604
2	3	3	0,4646465	0,1212121	0,4646465	0,02039878
2	3	4	0,2020202	0,4646465	0,4646465	0,01534901
2	4	2	0,01010101	0,3737374	0,4646465	0,01761637
2	4	3	0,3030303	0,1111111	0,4646465	0,01832557
2	4	4	0,03030303	0,2323232	0,4646465	0,01298534
3	2	2	0,04040404	0,3737374	0,4646465	0,01910345
3	2	3	0,2727273	0,4646465	0,4646465	0,02210400
3	2	4	0,09090909	0,2525253	0,4646465	0,01771222
3	3	2	0,06060606	0,3737374	0,4646465	0,01706164
3	3	3	0,4646465	0,4646465	0,4646465	0,02072465
3	3	4	0,4646465	0,4646465	0,4646465	0,01617081
3	4	2	0,05050505	0,3535354	0,4646465	0,01744027
3	4	3	0,02020202	0,1212121	0,4646465	0,01937172
3	4	4	0,05050505	0,2525253	0,4646465	0,01356658
4	2	2	0,08080808	0,3737374	0,4646465	0,01958761
4	2	3	0,08080808	0,4646465	0,4646465	0,02298425
4	2	4	0,05050505	0,2525253	0,4646465	0,01858142
4	3	2	0,08080808	0,3737374	0,4646465	0,01609783
4	3	3	0,01010101	0,4646465	0,4646465	0,02086299
4	3	4	0,01010101	0,4646465	0,4646465	0,01531432
4	4	2	0,07070707	0,3636364	0,4646465	0,01658817
4	4	3	0,01010101	0,1111111	0,4646465	0,02042446
4	4	4	0,08080808	0,2626263	0,4646465	0,01386167

Berdasarkan Tabel 4.2 tersebut diketahui bahwa model *B-Spline* terbaik didapat melalui nilai GCV terkecil yang bernilai 0,012985. Model tersebut didapat ketika  $x_1$  berorde 2,  $x_2$  berorde 4 dan  $x_3$  berorde 4 dengan titik knot  $x_1$  pada titik 0,030303; titik knot  $x_2$  pada titik 0,232323 dan titik knot  $x_3$  pada titik 0,464647.

#### 4.1.4 Pemodelan Regresi Nonparametrik *B-Spline*

Berdasarkan hasil orde dan titik knot optimal pada GCV minimum pada tahap 4.1.3 akan dilanjutkan dengan pemodelan regresi nonparametrik *B-Spline* sesuai persamaan (2.4), sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{y}_i = & \beta_{11}B_{-1,2}(x_1) + \beta_{12}B_{0,2}(x_1) + \beta_{13}B_{1,2}(x_1) + \beta_{21}B_{-3,4}(x_2) \\ & + \beta_{22}B_{-2,4}(x_2) + \beta_{23}B_{-1,4}(x_2) + \beta_{24}B_{0,4}(x_2) + \beta_{25}B_{1,4}(x_2) \\ & + \beta_{31}B_{-3,4}(x_3) + \beta_{32}B_{-2,4}(x_3) + \beta_{33}B_{-1,4}(x_3) + \beta_{34}B_{0,4}(x_3) + \beta_{35}B_{1,4}(x_3) \end{aligned} \quad (4.2)$$

Untuk estimasi parameter  $\beta$  pada model (4.2) dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini:

**Tabel 4.3** Estimasi Model *B-Spline* Terbaik

Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
$x_1$	$\beta_{11}$	0,118427387
	$\beta_{12}$	0,143844976
	$\beta_{13}$	0,28594595
$x_2$	$\beta_{21}$	-0,001233042
	$\beta_{22}$	0,140503412
	$\beta_{23}$	-0,350992615
	$\beta_{24}$	0,745473542
	$\beta_{25}$	0,014467016
$x_3$	$\beta_{31}$	-0,005198553
	$\beta_{32}$	0,319344403
	$\beta_{33}$	-0,850498534
	$\beta_{34}$	0,681096465
	$\beta_{35}$	0,403474531

Berdasarkan Tabel 4.3 tersebut model regresi nonparametrik *B-Spline* terbaik dari persamaan (4.2) dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\hat{y}_i = & 0,118427387B_{-1,2}(x_1) + 0,143844976B_{0,2}(x_1) \\
& + 0,28594595B_{1,2}(x_1) - 0,001233042B_{-3,4}(x_2) \\
& + 0,140503412B_{-2,4}(x_2) - 0,350992615B_{-1,4}(x_2) \\
& + 0,745473542B_{0,4}(x_2) + 0,014467016B_{1,4}(x_2) \\
& - 0,005198553B_{-3,4}(x_3) + 0,319344403B_{-2,4}(x_3) \\
& - 0,850498534B_{-1,4}(x_3) + 0,681096465B_{0,4}(x_3) \\
& + 0,403474531B_{1,4}(x_3)
\end{aligned} \tag{4.3}$$

dengan:

$$B_{-1,2}(x_1) = \begin{cases} \frac{0,1-x_1}{0,1}, & \text{jika } 0 < x_1 \leq 0,1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{0,2}(x_1) = \begin{cases} \frac{x_1}{0,1}, & \text{jika } 0 < x_1 \leq 0,1 \\ \frac{1-x_1}{0,9}, & \text{jika } 0,1 < x_1 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{1,2}(x_1) = \begin{cases} \frac{x_1-0,1}{0,9}, & \text{jika } 0,1 < x_1 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-3,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{0,020569502 - x_2}{0,020569502} \right)^3, & \text{jika } 0 < x_2 \leq 0,020569502 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

Pada  $x_2$  nilai 0,020569502 dimisalkan dengan A untuk mempermudah penulisan

basis.

$$B_{-2,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{x_2^3 + Ax_2^3 + A^2x_2^3 - 3A^2x_2^2 - 3Ax_2^2 + 3A^2x_2}{A^3} \right), & \text{jika } 0 < x_2 \leq A \\ \frac{(1-x_2)^3}{(1-A)}, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-1,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{3Ax_2^2 - x_2^3 - 2Ax_2^3}{A^2} \right), & \text{jika } 0 < x_2 \leq A \\ \frac{(3x_2^3 - 2Ax_2^3 - 6x_2^2 + 3Ax_2^2 + 3x_2 - A)}{(1-A)^2}, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{0,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{x_2^3}{A} \right), & \text{jika } 0 < x_2 \leq A \\ \frac{(-3x_2^3 - A^2x_2^3 + 3Ax_2^3 + 3x_2^2 - 3Ax_2 + A^2)}{(1-A)^3}, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{1,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{x_2 - A}{1-A} \right)^3, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-3,4}(x_3) = \begin{cases} \left( \frac{0,008946468 - x_2}{0,008946468} \right)^3, & \text{jika } 0 < x_3 \leq 0,008946468 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

Pada  $x_3$  nilai 0,008946468 dimisalkan dengan B untuk mempermudah penulisan basis.

$$B_{-2,4}(x_3) = \begin{cases} \left( \frac{x_3^3 + Bx_3^3 + B^2x_3^3 - 3B^2x_3^2 - 3Bx_3^2 + 3B^2x_3}{B^3} \right), & \text{jika } 0 < x_3 \leq B \\ \frac{(1-x_3)^3}{(1-B)}, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-1,4}(x_3) = \begin{cases} \left( \frac{3Bx_3^2 - x_3^3 - 2Bx_3^3}{B^2} \right), & \text{jika } 0 < x_3 \leq B \\ \frac{(3x_3^3 - 2Bx_3^3 - 6x_3^2 + 3Bx_3^2 + 3x_3 - B)}{(1-B)^2}, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{0,4}(x_3) = \begin{cases} \left(\frac{x_3^3}{B}\right), & \text{jika } 0 < x_3 \leq B \\ \frac{(-3x_3^3 - B^2x_3^3 + 3Bx_3^3 + 3x_3^2 - 3Bx_3 + B^2)}{(1-B)^3}, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{1,4}(x_3) = \begin{cases} \left(\frac{x_3 - B}{1-B}\right)^3, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

#### 4.2 Keakuratan Model Regresi Nonparametrik *B-Spline*

Uji keakuratan model digunakan dalam penelitian ini menggunakan persamaan koefisien determinasi ( $R^2$ ).  $R^2$  atau *R-Square* digunakan untuk mengetahui seberapa besar keragaman dalam variabel respon yang dijelaskan oleh variabel prediktor suatu model regresi. Sesuai konsep *R-Square* ( $R^2$ ) semakin dekat nilai  $R^2$  dengan 1 maka akan semakin baik kecocokan data dengan model yang digunakan. Sesuai dengan model regresi nonparametrik *B-Spline* terbaik akan didapatkan hasil *R-Square* sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{0,4465894}{3,582199} = 0,8753309 \quad (4.4)$$

Pada peneltian ini menghasilkan nilai *R-Square* ( $R^2$ ) sebesar 0,8753309. Sesuai dengan Tabel 2.1 dapat disimpulkan bahwa tingkat hubungan antar variabel pada model tergolong sangat kuat. Artinya terdapat kecocokan antara data dengan model *B-Spline* terbaik yang didapatkan.

Hasil keakuratan model dengan *R-Square* tergolong sangat kuat atau dapat diartikan bahwa variabel respon yakni inflasi dapat dijelaskan dengan sangat baik oleh variabel prediktor (*BI Rate*, *kurs* dan *JUB*). Setelah mendapatkan hasil

keakuratan model akan dilanjutkan dengan interpretasi model *B-Spline* sesuai persamaan (4.3) pada inflasi di Indonesia, di antaranya yakni:

1. Hubungan antara variabel prediktor *BI Rate* ( $x_1$ ) terhadap variabel respon inflasi

Apabila variabel prediktor *kurs* ( $x_2$ ) dan *JUB* ( $x_3$ ) diasumsikan tetap, maka pengaruh *BI Rate* terhadap inflasi sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{y}_i = 0,118427387B_{-1,2}(x_1) + 0,143844976B_{0,2}(x_1) + 0,28594595B_{1,2}(x_1) \quad (4.5)$$

$$B(x_1) = \begin{cases} 0,118427387B_{-1,2}(x_1) + 0,143844976B_{0,2}(x_1), & \text{jika } 0 < x_1 \leq 0,1 \\ 0,143844976B_{0,2}(x_1) + 0,28594595B_{1,2}(x_1), & \text{jika } 0,1 < x_1 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

Berdasarkan model tersebut dapat diketahui bahwasanya ketika nilai variabel prediktor *BI Rate* ( $x_1$ ) antara 0 dan 0,1 diperlukan perhitungan dua basis saja dari persamaan (4.5) dalam mencari nilai inflasinya. Kedua basis tersebut yakni basis  $B_{-1,2}(x_1)$  dan  $B_{0,2}(x_1)$ . Namun, jika nilai  $x_1$  antara nilai 0,1 dan 1 maka perhitungan basis yang diperlukan hanyalah basis  $B_{0,2}(x_1)$  dan  $B_{1,2}(x_1)$ . Kesimpulan terakhir interpretasi persamaan (4.5) yakni ketika nilai  $x_1$  bernilai 0 maka tidak ada basis yang harus dihitung dalam persamaan tersebut. Artinya tidak ada hubungan antara variabel prediktor *BI Rate* ( $x_1$ ) terhadap variabel respon inflasi.

2. Hubungan antara variabel prediktor *kurs* ( $x_2$ ) terhadap variabel respon inflasi

Apabila variabel prediktor *BI Rate* ( $x_1$ ) dan *JUB* ( $x_3$ ) diasumsikan tetap, maka pengaruh *kurs* terhadap inflasi sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{y}_i = -0,001233042B_{-3,4}(x_2) + 0,140503412B_{-2,4}(x_2) - 0,350992615B_{-1,4}(x_2) + 0,745473542B_{0,4}(x_2) + 0,014467016B_{1,4}(x_2) \quad (4.6)$$

$$B(x_2) = \begin{cases} -0,001233042B_{-3,4}(x_2) + 0,140503412B_{-2,4}(x_2) \\ -0,350992615B_{-1,4}(x_2) + 0,745473542B_{0,4}(x_2), \text{ jika } 0 < x_2 \leq 0,020569502 \\ 0,140503412B_{-2,4}(x_2) - 0,350992615B_{-1,4}(x_2) \\ + 0,745473542B_{0,4}(x_2) + 0,014467016B_{1,4}(x_2), \text{ jika } 0,020569502 < x_2 \leq 1 \\ 0, \text{ untuk yang lainnya} \end{cases}$$

Berdasarkan model tersebut dapat diketahui bahwasanya ketika nilai variabel prediktor *kurs* ( $x_2$ ) antara 0 dan 0,020569502 diperlukan perhitungan empat basis dari persamaan (4.6) dalam mencari nilai inflasinya. Keempat basis tersebut yakni basis  $B_{-3,4}(x_2)$ ,  $B_{-2,4}(x_2)$ ,  $B_{-1,4}(x_2)$  dan  $B_{0,4}(x_2)$ . Namun, jika nilai  $x_2$  antara nilai 0,020569502 dan 1 maka perhitungan basis yang diperlukan di antaranya basis  $B_{-2,4}(x_2)$ ,  $B_{-1,4}(x_2)$ ,  $B_{0,4}(x_2)$  dan  $B_{1,4}(x_2)$ . Kesimpulan terakhir interpretasi persamaan (4.6) yakni ketika nilai  $x_2$  bernilai 0 maka tidak ada basis yang harus dihitung dalam persamaan tersebut. Artinya tidak ada hubungan antara variabel prediktor *kurs* ( $x_2$ ) terhadap variabel respon inflasi.

### 3. Hubungan antara variabel prediktor Jumlah Uang Beredar ( $x_3$ ) terhadap variabel respon inflasi

Apabila variabel prediktor *BI Rate* ( $x_1$ ) dan *kurs* ( $x_2$ ) diasumsikan tetap, maka pengaruh Jumlah Uang Beredar (*JUB*) terhadap inflasi sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{y}_i = -0,005198553B_{-3,4}(x_3) + 0,319344403B_{-2,4}(x_3) - 0,850498534B_{-1,4}(x_3) + 0,681096465B_{0,4}(x_3) + 0,403474531B_{1,4}(x_3) \quad (4.7)$$

$$B(x_3) = \begin{cases} -0,005198553B_{-3,4}(x_3) + 0,319344403B_{-2,4}(x_3) \\ -0,850498534B_{-1,4}(x_3) + 0,681096465B_{0,4}(x_3), \text{ jika } 0 < x_3 \leq 0,008946468 \\ 0,319344403B_{-2,4}(x_3) - 0,850498534B_{-1,4}(x_3) \\ + 0,681096465B_{0,4}(x_3) + 0,403474531B_{1,4}(x_3), \text{ jika } 0,008946468 < x_3 \leq 1 \\ 0, \text{ untuk yang lainnya} \end{cases}$$



Berdasarkan model tersebut dapat diketahui bahwasanya ketika nilai variabel prediktor JUB ( $x_3$ ) antara 0 dan 0,008946468 diperlukan perhitungan empat basis dari persamaan (4.7) dalam mencari nilai inflasinya. Keempat basis tersebut yakni basis  $B_{-3,4}(x_3)$ ,  $B_{-2,4}(x_3)$ ,  $B_{-1,4}(x_3)$  dan  $B_{0,4}(x_3)$ . Namun, jika nilai  $x_3$  antara nilai 0.008946468 dan 1 maka perhitungan basis yang diperlukan di antaranya basis  $B_{-2,4}(x_3)$ ,  $B_{-1,4}(x_3)$ ,  $B_{0,4}(x_3)$  dan  $B_{1,4}(x_3)$ . Kesimpulan terakhir interpretasi persamaan (4.7) yakni ketika nilai  $x_3$  bernilai 0 maka tidak ada basis yang harus dihitung dalam persamaan tersebut. Artinya tidak ada hubungan antara variabel prediktor JUB ( $x_3$ ) terhadap variabel respon inflasi.

Setelah mengetahui interpretasi model, selanjutnya dilakukan contoh perhitungan nilai  $\hat{y}_i$  sesuai dengan model regresi nonparamterik *B-Spline* pada persamaan (4.3). Contoh perhitungan tersebut diambil dari salah satu data asli penelitian di bulan Januari 2019. Data asli tersebut sebelumnya dapat diketahui:

Variabel inflasi ( $y$ ) = 2,82 %

Variabel *BI Rate* ( $x_1$ ) = 6,00 %

Varibel *kurs* ( $x_2$ ) = 14163,14 Rupiah

Variabel Jumlah Uang Beredar ( $x_3$ ) = 5644985,00 Milyar Rupiah

Persamaan model regresi nonparametrik yang diperoleh sebelumnya merupakan persamaan model yang hanya digunakan untuk data hasil *rescaling* (Normalisasi *min-max*) yang terdapat pada lampiran 2. Sehingga contoh perhitungan nilai  $\hat{y}_i$  pada data hasil *rescaling* di bulan Januari 2019 yaitu:

Diketahui bahwa data hasil *rescaling* di bulan Januari 2019 sebagai berikut

$x_1 = 1$ ,  $x_2 = 0,201812477$  dan  $x_3 = 0$

Persamaan model regresi nonparamterik *B-Spline* sesuai dengan persamaan (4.3)

dapat dituliskan kembali sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{y}_i = & 0,118427387B_{-1,2}(x_1) + 0,143844976B_{0,2}(x_1) + 0,28594595B_{1,2}(x_1) \\ & -0,001233042B_{-3,4}(x_2) + 0,140503412B_{-2,4}(x_2) - 0,350992615B_{-1,4}(x_2) \\ & + 0,745473542B_{0,4}(x_2) + 0,014467016B_{1,4}(x_2) - 0,005198553B_{-3,4}(x_3) \\ & + 0,319344403B_{-2,4}(x_3) - 0,850498534B_{-1,4}(x_3) + 0,681096465B_{0,4}(x_3) \\ & + 0,403474531B_{1,4}(x_3)\end{aligned}$$

Langkah pertama untuk mencari nilai  $\hat{y}$  yakni dengan melakukan perhitungan basis

*B-Spline*. Perhitungan basis tersebut dapat dijabarkan dengan:

➤  $x_1 = 1$

$$B_{-1,2}(x_1) = \begin{cases} \frac{0,1-x_1}{0,1}, & \text{jika } 0 < x_1 \leq 0,1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-1,2}(1) = 0$$

$$B_{0,2}(x_1) = \begin{cases} \frac{x_1}{0,1}, & \text{jika } 0 < x_1 \leq 0,1 \\ \frac{1-x_1}{0,9}, & \text{jika } 0,1 < x_1 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$\begin{aligned}B_{0,2}(1) &= \frac{1-1}{0,9} \\ &= 0\end{aligned}$$

$$B_{1,2}(x_1) = \begin{cases} \frac{x_1-0,1}{0,9}, & \text{jika } 0,1 < x_1 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$\begin{aligned}B_{1,2}(1) &= \frac{1-0,1}{0,9} \\ &= 1\end{aligned}$$

➤  $x_2 = 0,201812477$

$$B_{-3,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{0,020569502-x_2}{0,020569502} \right)^3, & \text{jika } 0 < x_2 \leq 0,020569502 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-3,4}(0,201812477) = 0$$

Pada  $x_2$  nilai 0,020569502 dimisalkan dengan A untuk mempermudah penulisan basis.

$$B_{-2,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{x_2^3 + Ax_2^3 + A^2x_2^3 - 3A^2x_2^2 - 3Ax_2^2 + 3A^2x_2}{A^3} \right), & \text{jika } 0 < x_2 \leq A \\ \frac{(1-x_2)^3}{(1-A)}, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} B_{-2,4}(0, 201812477) &= \frac{(1-0,201812477)^3}{(1-0,020569502)} \\ &= \frac{0,5085279224}{0,979430498} \\ &= 0,5192077676 \end{aligned}$$

$$B_{-1,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{3Ax_2^2 - x_2^3 - 2Ax_2^3}{A^2} \right), & \text{jika } 0 < x_2 \leq A \\ \frac{(3x_2^3 - 2Ax_2^3 - 6x_2^2 + 3Ax_2^2 + 3x_2 - A)}{(1-A)^2}, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-1,4}(x_2) = \frac{(3x_2^3 - 2Ax_2^3 - 6x_2^2 + 3Ax_2^2 + 3x_2 - A)}{(1-A)^2}$$

$$\begin{aligned} B_{-1,4}(0, 201812477) &= \frac{0,3673318367}{0,9592841004} \\ &= 0,3829228865 \end{aligned}$$

$$B_{0,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{x_2^3}{A} \right), & \text{jika } 0 < x_2 \leq A \\ \frac{(-3x_2^3 - A^2x_2^3 + 3Ax_2^3 + 3x_2^2 - 3Ax_2 + A^2)}{(1-A)^3}, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{0,4}(x_2) = \frac{(-3x_2^3 - A^2x_2^3 + 3Ax_2^3 + 3x_2^2 - 3Ax_2 + A^2)}{(1-A)^3}$$

$$\begin{aligned} B_{0,4}(0, 201812477) &= \frac{0,0859996968}{0,9395521042} \\ &= 0,0915326531 \end{aligned}$$

$$B_{1,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{x_2 - A}{1 - A} \right)^3, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{1,4}(x_2) = \left( \frac{x_2 - A}{1 - A} \right)^3$$

$$\begin{aligned} B_{1,4}(0, 201812477) &= \left( \frac{0,181242975}{0,979430498} \right)^3 \\ &= 0,0063366931 \end{aligned}$$

➤  $x_3 = 0$

$$B_{-3,4}(x_3) = \begin{cases} \left( \frac{0,008946468 - x_3}{0,008946468} \right)^3, & \text{jika } 0 < x_3 \leq 0,008946468 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-3,4}(0) = 0$$

Pada  $x_3$  nilai 0,008946468 dimisalkan dengan B untuk mempermudah penulisan basis.

$$B_{-2,4}(x_3) = \begin{cases} \left( \frac{x_3^3 + Bx_3^3 + B^2x_3^3 - 3B^2x_3^2 - 3Bx_3^2 + 3B^2x_3}{B^3} \right), & \text{jika } 0 < x_3 \leq B \\ \frac{(1 - x_3)^3}{(1 - B)}, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-2,4}(0) = 0$$

$$B_{-1,4}(x_3) = \begin{cases} \left( \frac{3Bx_3^2 - x_3^3 - 2Bx_3^3}{B^2} \right), & \text{jika } 0 < x_3 \leq B \\ \frac{(3x_3^3 - 2Bx_3^3 - 6x_3^2 + 3Bx_3^2 + 3x_3 - B)}{(1 - B)^2}, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-1,4}(0) = 0$$

$$B_{0,4}(x_3) = \begin{cases} \left(\frac{x_3^3}{B}\right), & \text{jika } 0 < x_3 \leq B \\ \frac{(-3x_3^3 - B^2x_3^3 + 3Bx_3^3 + 3x_3^2 - 3Bx_3 + B^2)}{(1-B)^3}, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{0,4}(0) = 0$$

$$B_{1,4}(x_3) = \begin{cases} \left(\frac{x_3 - B}{1-B}\right)^3, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{1,4}(0) = 0$$

Setelah perhitungan nilai basis telah diperoleh, dapat diketahui nilai  $\hat{y}$  dengan cara:

$$\begin{aligned} \hat{y}_i &= 0,28594595(1) + 0,140503412(0,5192077676) - 0,350992615(0,3829228865) \\ &\quad + 0,745473542(0,0915326531) + 0,014467016(0,0063366931) \\ &= 0,2928201517 \end{aligned}$$

Jadi dapat diketahui bahwa nilai  $\hat{y}_i$  dibulan Januari 2019 ketika  $x_1 = 1$ ,  $x_2 = 0,201812477$  dan  $x_3 = 0$  berdasarkan perhitungan di atas adalah 0,2928201517.

Contoh kedua perhitungan nilai  $\hat{y}_i$  sesuai dengan model regresi nonparamterik *B-Spline* pada persamaan (4.3) yang diambil pada data asli penelitian di bulan Juli 2019. Data asli tersebut sebelumnya dapat diketahui:

Variabel inflasi ( $y$ ) = 3,32 %

Variabel *BI Rate* ( $x_1$ ) = 5,75 %

Varibel *kurs* ( $x_2$ ) = 14043,91 Rupiah

Variabel Jumlah Uang Beredar ( $x_3$ ) = 5941133 Milyar Rupiah

Persamaan model regresi nonparametrik yang diperoleh sebelumnya merupakan persamaan model yang hanya digunakan untuk data hasil *rescaling* (Normalisasi *min-max*) yang terdapat pada lampiran 2. Sehingga contoh perhitungan nilai  $\hat{y}_i$  pada data hasil *rescaling* di bulan Juli 2019 yaitu:

Diketahui bahwa data hasil *rescaling* di bulan Juli 2019 sebagai berikut

$x_1 = 0,9$ ,  $x_2 = 0,145972274$  dan  $x_3 = 0,102720835$

Persamaan model regresi nonparamterik *B-Spline* sesuai dengan persamaan (4.3)

dapat dituliskan kembali sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{y}_i = & 0,118427387B_{-1,2}(x_1) + 0,143844976B_{0,2}(x_1) + 0,28594595B_{1,2}(x_1) \\ & -0,001233042B_{-3,4}(x_2) + 0,140503412B_{-2,4}(x_2) - 0,350992615B_{-1,4}(x_2) \\ & + 0,745473542B_{0,4}(x_2) + 0,014467016B_{1,4}(x_2) - 0,005198553B_{-3,4}(x_3) \\ & + 0,319344403B_{-2,4}(x_3) - 0,850498534B_{-1,4}(x_3) + 0,681096465B_{0,4}(x_3) \\ & + 0,403474531B_{1,4}(x_3)\end{aligned}$$

Langkah pertama untuk mencari nilai  $\hat{y}$  yakni dengan melakukan perhitungan basis

*B-Spline*. Perhitungan basis tersebut dapat dijabarkan dengan:

➤  $x_1 = 0,9$

$$B_{-1,2}(x_1) = \begin{cases} \frac{0,1-x_1}{0,1}, & \text{jika } 0 < x_1 \leq 0,1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-1,2}(0,9) = 0$$

$$B_{0,2}(x_1) = \begin{cases} \frac{x_1}{0,1}, & \text{jika } 0 < x_1 \leq 0,1 \\ \frac{1-x_1}{0,9}, & \text{jika } 0,1 < x_1 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{0,2}(0,9) = \frac{1-0,9}{0,9}$$

$$= 0,1111111111$$

$$B_{1,2}(x_1) = \begin{cases} \frac{x_1-0,1}{0,9}, & \text{jika } 0,1 < x_1 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{1,2}(0,9) = \frac{0,9-0,1}{0,9}$$

$$= 0,8888888889$$

➤  $x_2 = 0,145972274$

$$B_{-3,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{0,020569502 - x_2}{0,020569502} \right)^3, & \text{jika } 0 < x_2 \leq 0,020569502 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-3,4}(0,145972274) = 0$$

Pada  $x_2$  nilai 0,020569502 dimisalkan dengan A untuk mempermudah penulisan basis.

$$B_{-2,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{x_2^3 + Ax_2^3 + A^2x_2^3 - 3A^2x_2^2 - 3Ax_2^2 + 3A^2x_2}{A^3} \right), & \text{jika } 0 < x_2 \leq A \\ \frac{(1-x_2)^3}{(1-A)}, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} B_{-2,4}(0,145972274) &= \frac{(1-0,145972274)^3}{(1-0,020569502)} \\ &= 0,6359782856 \end{aligned}$$

$$B_{-1,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{3Ax_2^2 - x_2^3 - 2Ax_2^3}{A^2} \right), & \text{jika } 0 < x_2 \leq A \\ \frac{(3x_2^3 - 2Ax_2^3 - 6x_2^2 + 3Ax_2^2 + 3x_2 - A)}{(1-A)^2}, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-1,4}(x_2) = \frac{(3x_2^3 - 2Ax_2^3 - 6x_2^2 + 3Ax_2^2 + 3x_2 - A)}{(1-A)^2}$$

$$B_{-1,4}(0,145972274) = 0,312751877$$

$$B_{0,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{x_2^3}{A} \right), & \text{jika } 0 < x_2 \leq A \\ \frac{(-3x_2^3 - A^2x_2^3 + 3Ax_2^3 + 3x_2^2 - 3Ax_2 + A^2)}{(1-A)^3}, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{0,4}(x_2) = \frac{(-3x_2^3 - A^2x_2^3 + 3Ax_2^3 + 3x_2^2 - 3Ax_2 + A^2)}{(1-A)^3}$$

$$B_{0,4}(0,145972274) = 0,0491708948$$

$$B_{1,4}(x_2) = \begin{cases} \left( \frac{x_2 - A}{1 - A} \right)^3, & \text{jika } A < x_2 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{1,4}(x_2) = \left( \frac{x_2 - A}{1 - A} \right)^3$$

$$B_{1,4}(0,145972274) = 0,0020989425$$

➤  $x_3 = 0,102720835$

$$B_{-3,4}(x_3) = \begin{cases} \left( \frac{0,008946468 - x_3}{0,008946468} \right)^3, & \text{jika } 0 < x_3 \leq 0,008946468 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-3,4}(0,102720835) = 0$$

Pada  $x_3$  nilai 0,008946468 dimisalkan dengan B untuk mempermudah penulisan basis.

$$B_{-2,4}(x_3) = \begin{cases} \left( \frac{x_3^3 + Bx_3^3 + B^2x_3^3 - 3B^2x_3^2 - 3Bx_3^2 + 3B^2x_3}{B^3} \right), & \text{jika } 0 < x_3 \leq B \\ \frac{(1-x_3)^3}{(1-B)}, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-2,4}(x_3) = \frac{(1-x_3)^3}{(1-B)}$$

$$B_{-2,4}(0,102720835) = 0,7289296849$$

$$B_{-1,4}(x_3) = \begin{cases} \left( \frac{3Bx_3^2 - x_3^3 - 2Bx_3^3}{B^2} \right), & \text{jika } 0 < x_3 \leq B \\ \frac{(3x_3^3 - 2Bx_3^3 - 6x_3^2 + 3Bx_3^2 + 3x_3 - B)}{(1-B)^2}, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{-1,4}(x_3) = \frac{(3x_3^3 - 2Bx_3^3 - 6x_3^2 + 3Bx_3^2 + 3x_3 - B)}{(1-B)^2}$$

$$B_{-1,4}(0,102720835) = 0,2437641658$$



$$B_{0,4}(x_3) = \begin{cases} \left(\frac{x_3^3}{B}\right), & \text{jika } 0 < x_3 \leq B \\ \frac{(-3x_3^3 - B^2x_3^3 + 3Bx_3^3 + 3x_3^2 - 3Bx_3 + B^2)}{(1-B)^3}, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{0,4}(x_3) = \frac{(-3x_3^3 - B^2x_3^3 + 3Bx_3^3 + 3x_3^2 - 3Bx_3 + B^2)}{(1-B)^3}$$

$$B_{0,4}(0,102720835) = 0,0257573757$$

$$B_{1,4}(x_3) = \begin{cases} \left(\frac{x_3 - B}{1-B}\right)^3, & \text{jika } B < x_3 \leq 1 \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$B_{1,4}(x_3) = \left(\frac{x_3 - B}{1-B}\right)^3$$

$$B_{1,4}(0,102720835) = 0,0008471515$$

Setelah perhitungan nilai basis telah diperoleh, dapat diketahui nilai  $\hat{y}$  dengan cara:

$$\begin{aligned} \hat{y}_i &= 0,118427387(0) + 0,143844976(0,111111111) + 0,28594595(0,888888889) \\ &\quad - 0,001233042(0) + 0,140503412(0,6359782856) - 0,350992615(0,312751877) \\ &\quad + 0,745473542(0,0491708948) + 0,014467016(0,0020989425) - 0,005198553(0) \\ &\quad + 0,319344403(0,7289296849) - 0,850498534(0,2437641658) + 0,681096465(0,0257573757) \\ &\quad + 0,403474531(0,0008471515) \\ \hat{y}_i &= 0,3297700504 \end{aligned}$$

Jadi dapat diketahui bahwa nilai  $\hat{y}_i$  dibulan Juli 2019 ketika  $x_1 = 0,9$ ,  $x_2 = 0,145972274$  dan  $x_3 = 0,102720835$  berdasarkan perhitungan di atas adalah 0,3297700504.

### 4.3 Kajian Keislaman Terkait Penelitian

Kegoncangan dan ketidakstabilan ekonomi sudah dijelaskan di kajian teori yang terdapat pada Q.S Al-Baqarah ayat 275. Penyebab kegoncangan tersebut adalah akibat dari penggunaan sistem bunga yang sebenarnya telah dilarang dalam Al-Qur'an. Menurut Boediono (dalam Zakiyah, 2018) kenyataan pada teori ekonomi konvensional memang tidak pernah dibedakan antara laba yang diambil

dari penjualan barang dan bunga dari “penjualan” uang. Demikian juga antara sewa dari pemanfaatan barang yang dipinjamkan, dengan bunga dari pemanfaatan uang yang dipinjamkan. Semuanya dianggap sama, karena dianggap sebagai kompensasi logis dari “imbalan” atau pemanfaatan sesuatu. Hal itu sangat berbeda dengan Al-Qur'an yang membedakan antara pemanfaatan barang dan pemanfaatan uang, antara penjualan barang dengan “penjualan” uang. Al-Qur'an menghalalkan keuntungan (laba) yang didapatkan dari transaksi terhadap barang dan mengharamkan keuntungan (bunga) yang didapatkan dari transaksi terhadap uang, yang kemudian disebut dengan riba.

Dengan demikian, jika mencermati ketentuan pada Q.S Al-Baqarah ayat 275, maka dapat ditarik satu pemikiran yang mendasar, bahwa uang dalam pandangan Islam harus mendapatkan perlakuan khusus, yaitu tidak boleh dijadikan sebagai alat komoditi sebagaimana barang dalam rangka untuk memperoleh keuntungan, yaitu riba. Jika ketentuan Al-Qur'an ini dilanggar, maka akan menyebabkan terjadinya kegoncangan ekonomi. Dari sinilah dapat ditarik kesimpulan, bahwa sumber penyebab terjadinya ketidakstabilan ekonomi atau terjadinya kegoncangan ekonomi tidak lain adalah akibat menggunakan uang sebagai alat komoditi dalam rangka untuk mendapatkan keuntungan yang lebih banyak. Keuntungan yang didapat itulah yang disebut dengan riba, yang hukumnya haram. Para pelakunya telah diancam akan dimasukkan ke dalam neraka, bahkan akan menyebabkan kekal di dalamnya, apabila pelakunya sudah mengetahui, kemudian mengulang-ulangnya (Zakiyah, 2018).

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian regresi nonparametrik *B-Spline* untuk memodelkan inflasi di Indonesia telah didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Model regresi nonparametrik *B-Spline* pada faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Indonesia menghasilkan model *B-Spline* terbaik. Model terbaik tersebut berdasarkan titik knot optimal yang didapatkan dari nilai GCV minimum sebesar 0,012985. Orde yang menghasilkan model terbaik tersebut ketika variabel  $x_1$  berorde 2,  $x_2$  dan  $x_3$  berorde 4 dengan jumlah knot yang digunakan sebanyak 1 knot. Persamaan model terbaik regresi nonparametrik *B-Spline* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{y}_i = & 0,118427387B_{-1,2}(x_1) + 0,143844976B_{0,2}(x_1) \\ & + 0,28594595B_{1,2}(x_1) - 0,001233042B_{-3,4}(x_2) \\ & + 0,140503412B_{-2,4}(x_2) - 0,350992615B_{-1,4}(x_2) \\ & + 0,745473542B_{0,4}(x_2) + 0,014467016B_{1,4}(x_2) \\ & - 0,005198553B_{-3,4}(x_3) + 0,319344403B_{-2,4}(x_3) \\ & - 0,850498534B_{-1,4}(x_3) + 0,681096465B_{0,4}(x_3) \\ & + 0,403474531B_{1,4}(x_3)\end{aligned}$$

2. Keakuratan model regresi nonparametrik *B-Spline* dalam menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi di Indonesia dengan bantuan persamaan koefisien determinasi ( $R^2$ ) menghasilkan nilai sebesar 0,8753309. Hal ini dapat disimpulkan bahwa tingkat hubungan antar variabel pada model tergolong sangat kuat yang artinya terdapat kecocokan antara data dengan model *B-Spline* terbaik yang dihasilkan pada penelitian ini.

## 5.2 Saran

Saran yang bisa peneliti berikan dari penelitian terkait regresi nonparametrik *B-Spline* untuk memodelkan inflasi di Indonesia di antaranya yakni:

1. Penelitian ini masih menggunakan regresi nonparametrik *B-Spline* dengan jumlah knot sebanyak satu titik knot, sehingga perlu adanya pengembangan terkait jumlah titik knot.
2. Penelitian ini menggunakan data dengan skala yang berbeda sehingga diperlukan proses bernama *rescaling*, sehingga peneliti menyarankan penggunaan data dengan skala sama untuk melihat apakah keakuratan model akan lebih baik jika menggunakan data aktual.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Yogyakarta: Aswaja Pressindo.
- Afa, I. B., Suparti, & Rahmawati, R. (2018). Pemodelan Indeks Harga Saham Gabungan Menggunakan Regresi Spline Multivariabel. *Jurnal Gaussian*, 7(3), 260–269. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v7i3.26659>
- Afandi, I., & Mahmud, M. A. (2020). Strategi Menghadapi Cobaan dalam Al-Qur'an (Pemaknaan Tekstual dan Kontekstual terhadap QS. Al-Baqarah : 155). *Ar-Risalah: Media Keislaman, Pendidikan Dan Hukum Islam*, 18(2), 353. <https://doi.org/10.29062/arrisalah.v18i2.398>
- Ariesta, D., Gusriani, N., & Parmikanti, K. (2021). Estimasi Parameter Model Regresi Nonparametrik B-Spline Pada Angka Kematian Maternal. *Jurnal Matematika UNAND*, 10(3), 342–354. <https://doi.org/10.25077/jmu.10.3.342-354.2021>
- Budiantara, I. N., Suryadi, F., Otok, B. W., & Guritno, S. (2006). Pemodelan B-Spline dan Mars Pada Nilai Ujian Masuk Terhadap IPK Mahasiswa Jurusan Disain Komunikasi Visual UK. Petra Surabaya. *Jurnal Teknik Industri*, 8(1), 1–13. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/ind/article/view/16497>
- Chamidah, N., Wiharto, & Salamah, U. (2012). Pengaruh Normalisasi Data pada Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagasi Gradient Descent Adaptive Gain (BPGDAG) untuk Klasifikasi. *Jurnal Itsmart*, 1(1), 28–33. <http://archive.ics.uci.edu/ml/>.
- Devi, A. R., Mukid, M. A., & Yasin, H. (2014). Analisis Inflasi Kota Semarang Menggunakan Metode Regresi Non Parametrik B-Spline. *Jurnal Gaussian*, 3(2), 193–202. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/article/view/5906>
- Dewi, I. G. A. M. V., Srinadi, I. G. A. M., & Susilawati, M. (2020). Pemodelan Kasus Pneumonia Pada Balita Di Provinsi Bali Menggunakan Metode Regresi Nonparametrik B-Spline. *E-Jurnal Matematika*, 9(3), 197–204. <https://doi.org/10.24843/mtk.2020.v09.i03.p299>
- Eubank, R. L. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing* (2nd ed.). New York: Marcel Dekker.
- Fadilla. (2017). Perbandingan Teori Inflasi Dalam Perspektif Islam. *Islamic Banking*, 2(2), 1–14.
- Ginting, A. M. (2016). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Inflasi : Studi Kasus Di Indonesia Periode Tahun 2004-2014. *Jurnal Kajian*, 21(1), 37–58. <https://jurnal.dpr.go.id/index.php/kajian/article/view/766/511>

- Hamid, E. S., & Susilo, Y. S. (2015). Strategi Pengembangan Usaha Mikro Kecil Dan Menengah Di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 12(1), 45–55. <https://doi.org/10.23917/jep.v12i1.204>
- Huang, J. Z., & Shen, H. (2004). *Functional Coefficient Regression Models for Nonlinear Time Series : A Polynomial Spline Approach*. 1–25.
- Kalalo, H. Y. T., Rotinsulu, T. O., & Maramis, M. T. B. (2016). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Inflasi di Indonesia Periode 2000-2014. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 16(01), 706–717.
- Kementrian Agama RI. (2010). *Al-Qur'an dan Terjemah untuk Wanita*. Bandung: Penerbit JABAL.
- Nasution, D. A., Khotimah, H. H., & Chamidah, N. (2019). Perbandingan Normalisasi Data untuk Klasifikasi Wine Menggunakan Algoritma K-NN. *Computer Engineering, Science and System Journal*, 4(1), 78–82. <https://doi.org/10.24114/cess.v4i1.11458>
- Panjaitan, M. N. Y., & Wardoyo. (2016). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Inflasi Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Bisnis*, 21(3), 182–193. <https://doi.org/10.24036/ecosains.11065357.00>
- Permana, I., & Salisah, F. N. (2022). The Effect of Data Normalization on the Performance of the Classification Results of the Backpropagation Algorithm. *Indonesian Journal of Informatic Research and Software Engineering*, 2(1), 67–72. <https://media.neliti.com/media/publications/485639-pengaruh-normalisasi-data-terhadap-perfo-e19e3a00.pdf>
- Rahasia, Z., Resmawan, R., & Isa, D. R. (2020). Pemodelan Data Time Series dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik B-Spline. *AKSIOMA : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 11(1), 9–16. <https://doi.org/10.26877/aks.v11i1.4903>
- Rahmawati, A. S., Ispriyanti, D., & Warsito, B. (2017). Pemodelan Kasus Kemiskinan Di Jawa Tengah Menggunakan Regresi Nonparametrik Metode B-Spline. *Jurnal Gaussian*, 6(1), 11–20. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- Santosa, P. B., & Hamdani, M. (2007). *Statistika Deskriptif dalam Bidang Ekonomi dan Niaga*. Penerbit Erlangga.
- Yuniartika, Y., Kusnandar, D., & Mara, M. N. (2013). Penentuan Generalized Cross Validation (GCV) sebagai Kriteria dalam Pemilihan Model Regresi B-Spline Terbaik. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, 02(2), 121–126.
- Zainuddin, & Zainuddin, A. S. (2022). Lafaz Al Bai'u Mistlu Al Riba dalam Surah Al Baqarah Ayat 275. *Jurnal Ilmiah Al-Mu'ashirah*, 19(1), 32–51. <https://doi.org/10.22373/jim.v19i1.12309>

Zakiah, K. (2018). Peran Pengendalian Inflasi Dalam Tinjauan Perspektif Al-Qur'an. *The International Journal of Applied Business*, 2(1), 20–28.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Aktual Penelitian Januari 2019-Desember 2022

<b>Periode</b>	<b>INFLASI (y)</b>	<b>BI RATE (x<sub>1</sub>)</b>	<b>KURS (x<sub>2</sub>)</b>	<b>JUB (x<sub>3</sub>)</b>
<b>Jan-19</b>	2,82	6,00	14163,14	5644985,00
<b>Feb-19</b>	2,57	6,00	14035,21	5670778,00
<b>Mar-19</b>	2,48	6,00	14211,00	5747247,00
<b>Apr-19</b>	2,83	6,00	14142,58	5746732,00
<b>May-19</b>	3,32	6,00	14392,81	5860509,00
<b>Jun-19</b>	3,28	6,00	14226,53	5908509,00
<b>Jul-19</b>	3,32	5,75	14043,91	5941133,00
<b>Aug-19</b>	3,49	5,50	14242,05	5934562,00
<b>Sep-19</b>	3,39	5,25	14111,10	6134178,00
<b>Oct-19</b>	3,13	5,00	14117,57	6026908,00
<b>Nov-19</b>	3,00	5,00	14068,72	6074377,00
<b>Dec-19</b>	2,72	5,00	14017,45	6136552,00
<b>Jan-20</b>	2,68	5,00	13732,23	6046651,00
<b>Feb-20</b>	2,98	4,75	13776,15	6116495,00
<b>Mar-20</b>	2,96	4,50	15194,57	6440457,39
<b>Apr-20</b>	2,67	4,50	15867,43	6238267,00
<b>May-20</b>	2,19	4,50	14906,19	6468193,50
<b>Jun-20</b>	1,96	4,25	14195,96	6393743,80
<b>Jul-20</b>	1,54	4,00	14582,41	6567725,02
<b>Aug-20</b>	1,32	4,00	14724,50	6726135,25
<b>Sep-20</b>	1,42	4,00	14847,96	6748574,03
<b>Oct-20</b>	1,44	4,00	14749,14	6780844,54
<b>Nov-20</b>	1,59	3,75	14236,81	6817456,68
<b>Dec-20</b>	1,68	3,75	14173,09	6900049,49
<b>Jan-21</b>	1,55	3,75	14061,90	6767407,65
<b>Feb-21</b>	1,38	3,50	14042,10	6817787,91
<b>Mar-21</b>	1,37	3,50	14417,39	6895564,12



<b>Apr-21</b>	1,42	3,50	14558,18	6964386,49
<b>May-21</b>	1,68	3,50	14323,19	7004093,08
<b>Jun-21</b>	1,33	3,50	14338,23	7130061,42
<b>Jul-21</b>	1,52	3,50	14511,19	7160560,33
<b>Aug-21</b>	1,59	3,50	14397,70	7211500,72
<b>Sep-21</b>	1,60	3,50	14256,96	7300920,64
<b>Oct-21</b>	1,66	3,50	14198,45	7491704,38
<b>Nov-21</b>	1,75	3,50	14263,50	7573319,90
<b>Dec-21</b>	1,87	3,50	14328,92	7870452,85
<b>Jan-22</b>	2,18	3,50	14335,24	7646789,19
<b>Feb-22</b>	2,06	3,50	14351,06	7690134,50
<b>Mar-22</b>	2,64	3,50	14348,64	7810949,32
<b>Apr-22</b>	3,47	3,50	14368,74	7911484,49
<b>May-22</b>	3,55	3,50	14608,00	7854186,71
<b>Jun-22</b>	4,35	3,50	14688,57	7890747,01
<b>Jul-22</b>	4,94	3,50	14984,38	7845551,91
<b>Aug-22</b>	4,69	3,75	14850,64	7897628,21
<b>Sep-22</b>	5,95	4,25	14971,77	7962693,36
<b>Oct-22</b>	5,71	4,75	15417,48	8223055,02
<b>Nov-22</b>	5,42	5,25	15658,73	8297349,51
<b>Dec-22</b>	5,51	5,50	15615,00	8528022,31

**Lampiran 2.** Data Hasil *Rescaling*

$y$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
0,323974082	1	0,201812477	0
0,269978402	1	0,141897714	0,008946468
0,250539957	1	0,224227239	0,035470231
0,326133909	1	0,192183402	0,0352916
0,431965443	1	0,309376171	0,074755883
0,423326134	1	0,231500562	0,091404991

0,431965443	0,9	0,145972274	0,102720835
0,468682505	0,8	0,238769202	0,100441642
0,447084233	0,7	0,177440052	0,169679733
0,390928726	0,6	0,180470214	0,132472444
0,362850972	0,6	0,157591795	0,148937372
0,30237581	0,6	0,133579993	0,17050317
0,293736501	0,6	0	0,139320431
0,358531317	0,5	0,020569502	0,163546271
0,354211663	0,4	0,684872611	0,275914705
0,291576674	0,4	1	0,205783671
0,187904968	0,4	0,549812664	0,285535153
0,138228942	0,3	0,217183402	0,259711797
0,047516199	0,2	0,398173473	0,3200583
0	0,2	0,464719933	0,375003905
0,021598272	0,2	0,522541214	0,38278694
0,025917927	0,2	0,476259835	0,393980174
0,058315335	0,1	0,236315099	0,406679329
0,07775378	0,1	0,206472462	0,435327176
0,049676026	0,1	0,154397714	0,389319502
0,012958963	0	0,145124578	0,406794219
0,010799136	0	0,320887973	0,433771396
0,021598272	0	0,38682559	0,457642877
0,07775378	0	0,276770326	0,471415363
0,002159827	0	0,283814163	0,51510829
0,043196544	0	0,364818284	0,525687033
0,058315335	0	0,311666354	0,543356034

0,060475162	0	0,245752154	0,574371908
0,073434125	0	0,218349569	0,640546473
0,09287257	0	0,248815099	0,66885534
0,118790497	0	0,279453915	0,771917811
0,18574514	0	0,282413825	0,694338635
0,159827214	0	0,289822967	0,709373234
0,285097192	0	0,288689584	0,75127863
0,464362851	0	0,298103222	0,786149899
0,481641469	0	0,410158299	0,766275796
0,654427646	0	0,447892469	0,778956971
0,781857451	0	0,586432184	0,76328076
0,727861771	0,1	0,523796366	0,781343759
1	0,3	0,580526414	0,803912024
0,948164147	0,5	0,789270326	0,894220138
0,885529158	0,7	0,9022574	0,919989658
0,904967603	0,8	0,881776883	1

### Lampiran 3. Hasil *Running R-Studio*

Orde			Knot			GCV
$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	
2	2	2	0,4646465	0,3737374	0,4646465	0,01930122
2	2	3	0,3030303	0,1111111	0,4646465	0,02151006
2	2	4	0,03030303	0,2626263	0,4646465	0,01685896
2	3	2	0,4646465	0,3737374	0,4646465	0,01710604
2	3	3	0,4646465	0,1212121	0,4646465	0,02039878
2	3	4	0,2020202	0,4646465	0,4646465	0,01534901
2	4	2	0,01010101	0,3737374	0,4646465	0,01761637
2	4	3	0,3030303	0,1111111	0,4646465	0,01832557
2	4	4	0,03030303	0,2323232	0,4646465	0,01298534
3	2	2	0,04040404	0,3737374	0,4646465	0,01910345
3	2	3	0,2727273	0,4646465	0,4646465	0,02210400

3	2	4	0,09090909	0,2525253	0,4646465	0,01771222
3	3	2	0,06060606	0,3737374	0,4646465	0,01706164
3	3	3	0,4646465	0,4646465	0,4646465	0,02072465
3	3	4	0,4646465	0,4646465	0,4646465	0,01617081
3	4	2	0,05050505	0,3535354	0,4646465	0,01744027
3	4	3	0,02020202	0,1212121	0,4646465	0,01937172
3	4	4	0,05050505	0,2525253	0,4646465	0,01356658
4	2	2	0,08080808	0,3737374	0,4646465	0,01958761
4	2	3	0,08080808	0,4646465	0,4646465	0,02298425
4	2	4	0,05050505	0,2525253	0,4646465	0,01858142
4	3	2	0,08080808	0,3737374	0,4646465	0,01609783
4	3	3	0,01010101	0,4646465	0,4646465	0,02086299
4	3	4	0,01010101	0,4646465	0,4646465	0,01531432
4	4	2	0,07070707	0,3636364	0,4646465	0,01658817
4	4	3	0,01010101	0,1111111	0,4646465	0,02042446
4	4	4	0,08080808	0,2626263	0,4646465	0,01386167

## RIWAYAT HIDUP



Saniyyah Sawalyfah Suwarno, lahir di Pasuruan pada tanggal 29 Desember 2000, biasa dipanggil Saniyyah, tinggal di Jl. Tlogo Sari No.645 A, Merjosari Kec. Lowokwaru Kota Malang. Anak tunggal dari Ayah Eko Suwarno (Alm) dan Ibu Thoifah.

Pendidikan dasarnya di tempuh di SDN Lumbangrejo 1 dan lulus pada tahun 2013, setelah itu melanjutkan pendidikan di bangku SMPN 2 Pandaan dan lulus pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Pandaan dan lulus pada tahun 2019. Selanjutnya di tahun 2019 mengawali pendidikannya yakni menempuh jenjang perkuliahan di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang tepatnya di program studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi.