

**REGRESI SEMIPARAMETRIK KERNEL
NADARAYA-WATSON UNTUK MEMODELKAN INFLASI
DI INDONESIA**

SKRIPSI

**OLEH:
ANGGRAENI BAKTI SETIANINGRUM
NIM. 200601110075**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**REGRESI SEMIPARAMETRIK KERNEL
NADARAYA-WATSON 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
Anggraeni Bakti Setianingrum
NIM. 200601110075**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**REGRESI SEMIPARAMETRIK KERNEL
NADARAYA-WATSON UNTUK MEMODELKAN INFLASI
DI INDONESIA**

SKRIPSI

**Oleh
Anggraeni Bakti Setianingrum
NIM. 200601110075**

**Telah Disetujui Untuk Diuji
Malang, 21 Juni 2024**

Dosen Pembimbing I



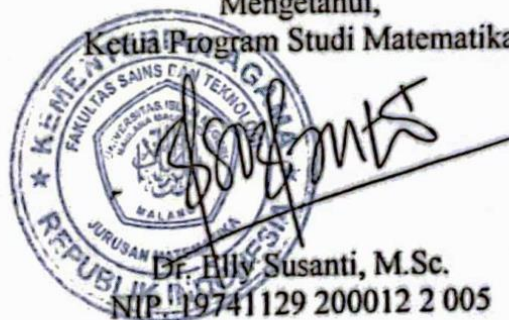
**Abdul Aziz, M.Si.
NIP. 19760318 200604 1 002**

Dosen Pembimbing II



**Ach. Nasichuddin, M.A.
NIP. 19730705 200003 1 002**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika**



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

**REGRESI SEMIPARAMETRIK KERNEL
NADARAYA-WATSON UNTUK MEMODELKAN INFLASI
DI INDONESIA**

SKRIPSI

Oleh
Anggraeni Bakti Setianingrum
NIM. 200601110075

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal, 26 Juni 2024

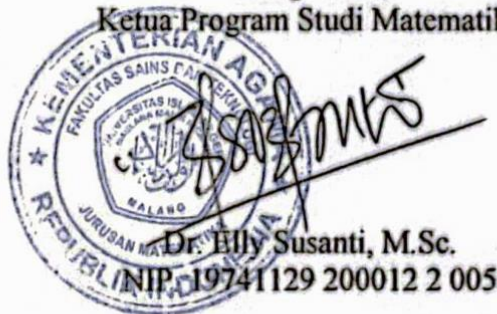
Ketua Penguji : Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si.

Anggota Penguji 1 : Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si.

Anggota Penguji 2 : Abdul Aziz, M.Si.

Anggota Penguji 3 : Ach. Nasichuddin, M.A.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anggraeni Bakti Setianingrum

NIM : 200601110075

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Regresi Semiparametrik Kernel *Nadaraya-Watson* untuk
Memodelkan Inflasi di Indonesia

Menyatakan dengan sebenar-benarnya 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 dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 26 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,



Anggraeni Bakti Setianingrum
NIM. 200601110075

MOTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S Al-Baqarah, 2:286)

*“Kita hidup didunia tujuannya untuk sholat, sisanya hanya untuk mengisi waktu
luang diantara waktu sholat itu”*

*“Seorang ibu adalah sumber inspirasi dan kekuatan. Dia adalah teladan yang
selalu kita pandang”*
(Gus Dur)

*“Kita harus berarti untuk diri kita sendiri dulu sebelum kita menjadi orang yang
berharga bagi orang lain”*
(Ralph Waldo Emerson)

“People Come And Go”

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim, segala puji bagi Allah SWT.

Dengan ketulusan hati, skripsi ini peneliti persembahkan kepada:

Ayah (Soebagio) dan Mama (Tatik Musrifah) tersayang yang selalu mendoakan dan memotivasi peneliti untuk menyelesaikan skripsi ini meskipun banyak sekali masalah di luar penulisan skripsi ini.

Adik (Ghita Liviana Aulia) sebagai penyemangat untuk segera menyelesaikan skripsi ini.

Sahabat (Ayu, Dinda, dan Ajeng) yang selalu mensupport dan menemani apapun kondisi peneliti.

Diri peneliti sendiri yang telah berhasil melewati masalah dan berjuang dengan sungguh-sungguh untuk membanggakan keluarga serta menyelesaikan segala tanggung jawab perkuliahan dengan tepat waktu.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah, dengan menyebut nama Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, yang telah melimpahkan rahmat, petunjuk, dan inayah-Nya kepada kita sehingga peneliti berhasil menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Regresi Semiparametrik Kernel *Nadaraya-Watson* untuk Memodelkan Inflasi di Indonesia”.

Shalawat serta salam harapan selalu dilimpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita dari jalan zaman jahiliyah menuju jalan yang terang-benderang melalui agama Islam dan juga kepada para sahabatnya, keluarganya, dan seluruh umat Islam.

Peneliti menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan dari beberapa pihak. Pada kesempatan kali ini, peneliti menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, sekaligus Ketua penguji dalam ujian skripsi yang telah memberikan saran serta arahan yang bermanfaat bagi peneliti.
3. Ibu Dr. Elly Susanti, M.Sc., selaku ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Abdul Aziz, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan berbagai pengetahuan, pengalaman, nasihat, arahan, serta dukungan kepada peneliti.
5. Bapak Ach. Nasichuddin, M.A., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, nasihat, arahan, serta dukungan kepada peneliti.
6. Ibu Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si., selaku Anggota penguji I dalam ujian skripsi yang telah memberikan saran serta arahan yang bermanfaat bagi peneliti.

7. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Pintu surga sekaligus perempuan tercantik, mama Tatik Musrifah. Terima kasih telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang kepada peneliti. Tanpa kehadiran mama mungkin peneliti tidak akan menjadi apa-apa. Semoga pencapaian ini bisa membuat mama bangga.
9. Cinta pertama peneliti, ayah Soebagio yang selalu menjadi motivasi peneliti agar terus berusaha menyelesaikan pendidikan. Terima kasih atas kerja keras dan kasih sayang yang diberikan kepada peneliti sehingga peneliti dapat merasakan bangku perkuliahan dan mendapatkan gelar sarjana.
10. Rekan satu konsorsium yang sama-sama berjuang mengerjakan skripsi namun senantiasa memberikan semangat serta dukungan penuh kepada peneliti.
11. Teman-teman Program Studi Matematika angkatan 2020 yang selalu mendukung satu sama lain dalam rangka proses penyelesaian penelitian ini.
12. Seseorang yang tidak bisa peneliti sebutkan namanya, terima kasih atas segala pengaruh dan peran yang secara tidak langsung telah membuat peneliti menyadari dan membuktikan bahwa meskipun tanpa kehadirannya, peneliti mampu untuk membangun dan menjalani kehidupan baru dengan lebih baik.
13. Seluruh pihak yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu, terima kasih atas doa dan motivasinya dan sudah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 26 Juni 2024

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
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
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	7
1.6 Definisi Istilah	8
BAB II KAJIAN TEORI	9
2.1 Teori Pendukung	9
2.1.1 <i>Pre Processing</i>	9
2.1.1.1 <i>Rescaling Data</i>	9
2.1.1.2 Korelasi Pearson	9
2.1.2 Analisis Regresi	11
2.1.2.1 Regresi Parametrik	11
2.1.2.2 Regresi Nonparametrik	12
2.1.2.3 Regresi Semiparametrik	13
2.1.3 Estimator Kernel	14
2.1.3.1 Fungsi Kernel	15
2.1.3.2 Regresi Nonparametrik Kernel	16
2.1.4 Estimasi Regresi Semiparametrik Kernel	20
2.1.5 <i>Bandwidth Optimum</i>	22
2.1.6 <i>Mean Absolute Percentage Error</i>	23
2.1.7 Inflasi	24
2.1.8 Kurs Mata Uang	25
2.1.9 Suku Bunga	25
2.2 Sifat Boros dalam Islam	26
2.3 Kajian Topik dengan Teori Pendukung	28
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Jenis Penelitian	31

3.2	Data dan Sumber Data	31
3.3	Tahapan Penelitian	32
3.4	<i>Flowchart</i>	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1.	Persiapan Data	35
4.1.1	Statistika Deskriptif	35
4.1.2	<i>Rescaling</i> dan Plot Data	38
4.1.3	Uji Korelasi Pearson	41
4.2	Pemodelan Regresi Semiparametrik	44
4.2.1	Penentuan Model Regresi Semiparametrik	44
4.2.2	Estimasi Semiparametrik Kernel	45
4.2.3	Pemilihan <i>Bandwidth</i> Optimum dan Nilai Parameter β	49
4.2.4	Pembentukan Model Regresi Semiparametrik Kernel	52
4.3	Evaluasi Keakuratan Model Terbaik Regresi Semiparametrik Kernel	53
4.4	Implementasi Model Untuk Memprediksi Inflasi	54
4.5	Implementasi Model dalam Pandangan Islam	55
BAB V PENUTUP		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		65
RIWAYAT HIDUP		74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pedoman Tingkat Keeratan Korelasi Pearson	11
Tabel 2.2	Jenis Fungsi Kernel	15
Tabel 2.3	Interpretasi Nilai MAPE	24
Tabel 3.1	Definisi Variabel	31
Tabel 4.1	Nilai Minimum dan Nilai Maksimum Data	38
Tabel 4.2	<i>Bandwidth</i> Percobaan Pertama	50
Tabel 4.3	Nilai <i>Bandwidth</i> Optimum	50
Tabel 4.4	Nilai Parameter Beta	51
Tabel 4.5	Hasil Prediksi Inflasi	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian	34
Gambar 4.1	Plot Data Inflasi	35
Gambar 4.2	Plot Data Kurs	36
Gambar 4.3	Plot Data Tingkat Suku Bunga	37
Gambar 4.4	Plot Data Hasil <i>Rescaling</i> Kurs	39
Gambar 4.5	Plot Hubungan Inflasi dengan Kurs	40
Gambar 4.6	Plot Hubungan Inflasi dengan Tingkat Suku Bunga	40
Gambar 4.7	Plot Uji Korelasi Pearson Antara Inflasi dengan Kurs	42
Gambar 4.8	Plot Uji Korelasi Pearson Antara Inflasi dengan Tingkat Suku Bunga	43
Gambar 4.9	Plot Perbandingan Data Aktual dengan Data Prediksi	52
Gambar 4.10	Plot Perbandingan Nilai Aktual dan Nilai Hasil Prediksi	55

DAFTAR SIMBOL

- y_t : Variabel respon pada data ke- t ,
 \hat{y}_t : Hasil estimasi variabel respon pada observasi ke- t ,
 x_t : Variabel prediktor pada data ke- t untuk komponen parametrik,
 β_0 : Parameter model regresi,
 β_t : Parameter variabel prediktor pada x_t ,
 $f(z_t)$: Fungsi regresi nonparametrik pada data ke- t yang tidak diketahui bentuknya,
 $\hat{f}(z_t)$: Fungsi estimasi regresi nonparametrik yang memuat variabel prediktor,
 ε_t : *Error* pada data ke- t ,
 $K(\cdot)$: Fungsi kernel,
 h : *Bandwidth* atau parameter pemulus,
 $m(z)$: Fungsi kepadatan marginal Z ,
 n : Banyak data,
 tr : *Trace* matriks,
 X : Matriks data,
 X' : Matriks *transpose*,
 I : Matriks identitas,
 Z_t : Nilai sebenarnya data variabel respon pada waktu ke- t ,
 \hat{Z}_t : Nilai prediksi data variabel respon pada waktu ke- t ,
 z_t^* : Data hasil *rescaling* pada observasi ke- t , $t = 1, 2, 3, \dots, n$,
 r : Koefisien korelasi dengan ketentuan $-1 < r < 1$

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Aktual Penelitian Januari 2013 – Desember 2023	65
Lampiran 2.	Data Hasil <i>Rescaling</i>	66
Lampiran 3.	Nilai <i>Bandwidth</i> Optimal	67
Lampiran 4.	Nilai Data Aktual, Data Prediksi, dan <i>Error</i>	68
Lampiran 5.	Hasil Keakuratan Model	69
Lampiran 6.	<i>Source Code</i> Program <i>R-Studio</i> Regresi Semiparametrik Kernel	70

ABSTRAK

Setianingrum, Anggraeni Bakti, 2024. **Regresi Semiparametrik Kernel Nadaraya-Watson 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) Ach. Nasichuddin, M.A.

Kata Kunci: Regresi Semiparametrik Kernel, *Nadaraya-Watson*, fungsi *Gaussian*, *Bandwidth*, *Mean Absolute Percentage Error*, Inflasi.

Regresi semiparametrik merupakan penggabungan antara regresi parametrik dan nonparametrik. Dalam regresi nonparametrik, tidak memiliki asumsi-asumsi tertentu sehingga dapat menyesuaikan dengan data. Regresi nonparametrik kernel pada penelitian ini digunakan untuk memuluskan kurva regresi dengan menggunakan estimator *Nadaraya-Watson*. Fungsi kernel yang digunakan yaitu fungsi *Gaussian*. Tujuan dari penelitian ini yaitu menghasilkan bentuk model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* pada faktor kurs mata uang dan suku bunga yang mempengaruhi inflasi di Indonesia, menganalisis keakuratan modelnya dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan mengimplementasikan model terbaik untuk memprediksi inflasi di periode selanjutnya. Data respon yang dibahas yakni inflasi dimana variabel prediktor yang digunakan adalah faktor yang mempengaruhinya yaitu kurs mata uang dan suku bunga periode Januari 2013 sampai Desember 2023. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa model semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* menghasilkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) minimum sebesar 0,017 pada bandwidth 0,00408 dan nilai parameter parametrik sebesar $-0,03168$. Keakuratan model terbaik yang diperoleh dari nilai MAPE sebesar 27,86% menunjukkan bahwa model tersebut memiliki tingkat prediksi yang cukup baik. Hasil implementasi model untuk memprediksi inflasi di bulan Mei 2024 sebesar 2,79% yang mengalami penurunan meskipun tidak signifikan. Adapun manfaat yang dapat digunakan untuk penentuan pengambilan kebijakan moneter sehingga inflasi dapat dikendalikan.

ABSTRACT

Setianingrum, Anggraeni Bakti, 2024. **Nadaraya-Watson Kernel Semiparametric Regression to Model Inflation in Indonesia**. Thesis. Mathematics Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Abdul Aziz, M.Si., (II) Ach. Nasichuddin, M.A.

Keyword: Kernel Semiparametric Regression, Nadaraya-Watson, Gaussian function, Bandwidth, Mean Absolute Percentage Error, Inflation.

Semiparametric regression is a combination of parametric and nonparametric regression. Nonparametric regression does not rely on specific assumptions, allowing it to adapt to the data. In this study, kernel nonparametric regression is used to smooth the regression curve with the Nadaraya-Watson estimator. The Gaussian function is employed as the kernel function. The aim of this research is to develop a semiparametric kernel Nadaraya-Watson regression model for currency exchange rates and interest rates that influence inflation in Indonesia, analyze the model's accuracy using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and implement the best model to predict future inflation. The response variable discussed is inflation, with the predictor variables being the factors influencing it, specifically currency exchange rates and interest rates from January 2013 to December 2023. The research results indicate that the semiparametric kernel Nadaraya-Watson model yields a minimum Generalized Cross Validation (GCV) value of 0,017 at a bandwidth of 0,00408 and a parametric parameter of $-0,03168$. The best model's accuracy, with a MAPE value of 27,86%, demonstrates a reasonably good level of prediction. The model's implementation for predicting inflation in May 2024 resulted in an estimated inflation rate of 2,79%, showing a slight but not significant decrease. These findings can be beneficial for formulating monetary policies to control inflation.

مستخلص البحث

ستيانينجروم، أنغرايني بكتي، ٢٠٢٤. نمذجة التضخم في إندونيسيا باستخدام الانحدار شبه البارامترى انواة نادارايا واتسون (*kernel Nadaraya-Watson*). البحث الجامعي، قسم الرياضيات. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية في مالانج. المشرف الاول: عبد العزيز، الماجستير، المشرف الثاني: أحمد ناصح الدين، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: الانحدار شبه البارامترى انواة، نادارايا-واتسون، دالة عاوسية، عرض النطاق الترددي، متوسط الخطأ المطلق، التضخم.

الانحدار شبه البارامترى هو دمج بين الانحدار البارامترى والانحدار غير البارامترى. في الانحدار غير البارامترى، لا توجد افتراضات معينة مما يسمح له بالتكيف مع البيانات. يتم استخدام انحدار غير البارامترى انواة في هذا البحث لتتبع منحني الانحدار باستخدام مقدر نادارايا-واتسون. دالة النواة المستخدمة هي دالة غاوسية. يهدف هذا البحث إلى إنتاج نموذج الانحدار شبه البارامترى لنواة نادارايا-واتسون للعوامل التي تؤثر على التضخم في إندونيسيا، مثل سعر الصرف وأسعار الفائدة، وتحليل دقة النموذج باستخدام متوسط الخطأ المطلق (*MAPE*)، وتطبيق النموذج الأفضل للتنبؤ بالتضخم في الفترة المقبلة. البيانات المستجيبة التي تم مناقشتها هي التضخم حيث أن المتغيرات التنبؤية المستخدمة هي العوامل التي تؤثر عليه، وهي سعر الصرف وأسعار الفائدة للفترة من يناير ٢٠١٣ إلى ديسمبر ٢٠٢٣. بناءً على نتائج البحث، تبين أن نموذج شبه البارامترى للنواة نادارايا-واتسون ينتج قيمة التحقق المتقاطع المعمم (*GCV*) بحد أدنى قدره ٠,٠١٧ عند عرض نطاق ترددي ٠,٠٠٤٠٨ وقيمة المعلمة البارامترية هي -٠,٠٣١٦٨. دقة النموذج الأفضل التي تم الحصول عليها من قيمة *MAPE* بنسبة ٢٧,٨٦٪ أشارت إلى أن هذا النموذج يمتلك مستوى تنبؤ جيد. بنسبة ٢٧,٨٦٪ أظهرت نتائج تطبيق النموذج للتنبؤ بالتضخم في مايو ٢٠٢٤ بنسبة ٢,٧٩٪ التي هناك انخفاض غير ملحوظة. الفائدة التي يمكن استخدامها لتحديد اتخاذ السياسات النقدية بحيث يمكن التحكم في التضخم.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Analisis regresi merupakan metode statistik yang dipakai untuk menemukan keterkaitan antara satu atau lebih variabel dependen, juga dikenal sebagai variabel respons, dan variabel independen, juga dikenal sebagai variabel prediktor. Variabel yang memiliki kemampuan untuk beroperasi secara independen disebut sebagai variabel prediktor atau variabel independen. Dengan kata lain, variabel prediktor adalah variabel yang menentukan variabel respon. Namun, tidak ada variabel lain yang mempengaruhi variabel prediktor (Budiantara, 2000).

Regresi parametrik, nonparametrik, dan semiparametrik adalah tiga jenis regresi yang berbeda yang dapat digunakan untuk membuat model regresi. Regresi parametrik biasanya menggunakan asumsi pola parametrik diantaranya linier, kuadrat, atau lainnya. Jika tidak ada pola yang jelas dalam kurva regresi, maka dapat mempertimbangkan penggunaan regresi nonparametrik yang diasumsikan sebagai metode yang tidak bergantung pada distribusi tertentu. Beberapa bagian model diestimasi menggunakan regresi semiparametrik, tetapi bagian lain menggunakan metode nonparametrik. Secara umum, regresi semiparametrik adalah hasil dari menggabungkan elemen-elemen regresi parametrik dan nonparametrik (Budiantara, dkk., 2006).

Untuk regresi nonparametrik, ada banyak metode estimasi, seperti Spline, *Truncated Spline*, *Penalized Spline*, Kernel, Polinomial Lokal, serta Deret *Fourier*. Di antara berbagai metode estimasi yang ada, metode estimasi kernel adalah yang

paling sering digunakan karena bentuknya yang dapat disesuaikan. Salah satu teknik regresi nonparametrik yaitu regresi kernel digunakan untuk melakukan estimasi pada fungsi dalam kerangka kerja regresi nonparametrik (Utami, dkk., 2018).

Tiga jenis estimator kernel yang digunakan untuk memperkirakan fungsi regresi dalam regresi kernel, yaitu Estimator *Nadaraya-Watson*, *Priety-Chao*, dan *Gasser Muller* (Halim & Bisono, 2006). Estimator *Nadaraya-Watson* merupakan pilihan yang sering digunakan secara umum. Dalam regresi kernel, penting sekali mempertimbangkan pemilihan fungsi kernel dan *bandwidth*. Beberapa jenis fungsi kernel yang tersedia mencakup fungsi *Uniform*, *Epanechnikov*, *Triweight*, *Gaussian*, *Cosinus*, Kuadrat, dan lain-lain. Kernel *Gaussian* adalah yang paling umum digunakan di antara berbagai jenis fungsi kernel tersebut. Variabel prediktor yang disebut *bandwidth* regresi kernel secara signifikan memengaruhi estimasi yang dihasilkan. Sehingga menurut Silverman (1986), dampak *bandwidth* akan melebihi dampak dari fungsi kernel.

Beberapa penelitian sebelumnya terkait pemodelan regresi nonparametrik menggunakan kernel dengan estimator *Nadaraya-Watson* dan pendekatan fungsi *Gaussian* mencakup penelitian yang dilakukan oleh Muazarah (2023). Pada penelitiannya, melakukan pemodelan inflasi yang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Kesimpulan yang didapatkan adalah model terbaik regresi nonparametrik kernel fungsi *Gaussian* pada faktor yang mempengaruhi inflasi didapatkan pada nilai *bandwidth* yang optimal dengan nilai GCV yang terkecil. Hasil keakuratan model terbaik diperoleh nilai *Mean Absolute Error* (MAE) yang terkecil sehingga model yang didapatkan cukup akurat. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Farida,

dkk. (2022) yang menganalisis perbandingan kernel *Nadaraya-Watson* dengan pendekatan fungsi *Gaussian* dan *Epanechnikov* untuk memprediksi Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI). Pada penelitiannya, mereka menyimpulkan bahwa dari hasil MAPE yang didapatkan dari kedua fungsi tersebut yang paling kecil adalah fungsi *Gaussian*. Karenanya, metode regresi nonparametrik dengan menggunakan kernel *Gaussian* cenderung lebih efektif daripada metode regresi nonparametrik yang menggunakan kernel *Epanechnikov*.

Penelitian sebelumnya terkait regresi semiparametrik kernel dilakukan oleh Era, dkk. (2022) yang memodelkan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) menggunakan model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson*. Kesimpulan yang didapatkan yaitu dengan menggunakan persamaan model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* untuk meramalkan IHSG dengan fungsi kernel *Gaussian* diperoleh nilai MAPE terkecil, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa estimasi model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* dengan fungsi *Gaussian* yang optimal memiliki kemampuan prediksi yang sangat kuat.

Tingkat harga umum yang terus naik dikenal sebagai fenomena inflasi. Semua negara di seluruh dunia menghadapi inflasi, dan karenanya, mereka selalu berupaya untuk menjaga inflasi tetap terkendali dan stabil (Sukasna, 2017). Bagi masyarakat umum, inflasi mempengaruhi kesejahteraan hidup karena mempengaruhi daya beli, dan bagi dunia usaha, laju inflasi adalah komponen penting dalam membuat banyak keputusan. Akibatnya, faktor inflasi selalu menjadi perhatian pemerintah ketika mereka membuat dan menerapkan kebijakan ekonomi yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Inflasi bukanlah istilah yang ditemukan dalam Al-Qur'an atau hadis. Sebaliknya, ini adalah masalah modern yang disebabkan oleh keinginan masyarakat untuk mengkonsumsi apa yang ada di bumi secara berlebihan. Sebelum inflasi muncul, bukti dari Al-Qur'an dan hadis telah lebih dulu tersedia sebagai petunjuk. Untuk menunjukkan bahwa manusia pada dasarnya tidak seharusnya menghambur-hamburkan hartanya secara boros, seperti yang ditunjukkan dalam Al-Qur'an yang diterbitkan oleh LPMQ (2022), pada Q.S Al-Isra' ayat 27 yang artinya:

“Sesungguhnya para pemboros itu adalah saudara-saudara setan dan setan itu sangat ingkar kepada Tuhannya.” (Q.S Al-Isra':27).

Dalam kitab Tafsir Al-Munir Akidah Syari'ah Manhaj yang ditulis oleh Az-Zuhaili (2003), dijelaskan bahwa menurut Ibnu Mas'ud, boros atau menggunakan harta secara berlebihan dan dengan sia-sia adalah menghabiskan kekayaan untuk tujuan yang tidak tepat. Pesan tersebut menekankan pentingnya menggunakan harta secara bijaksana, bukan untuk kegiatan yang tidak bermanfaat, tetapi untuk memberikannya kepada mereka yang berhak dan tanpa pemborosan. Bahkan, dalam ajaran agama, tindakan boros dianggap sebagai perilaku yang sangat tercela, disamakan dengan perbuatan setan.

Setelah mempertimbangkan hasil penelitian dari Muazarah (2023) dan Farida, dkk. (2022), peneliti merasa tertarik untuk mengambil topik mengenai regresi semiparametrik kernel, yakni menggabungkan antara regresi nonparametrik dan regresi parametrik dengan suatu permasalahan yaitu faktor kurs mata uang dan suku bunga yang mempengaruhi inflasi di Indonesia. Pengambilan topik dan permasalahan tersebut bertujuan untuk menerapkan regresi semiparametrik kernel *Gaussian* dalam mencari model inflasi di Indonesia. Model terbaik yang didapatkan selanjutnya akan digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan model dalam

menjelaskan faktor kurs mata uang dan suku bunga yang mempengaruhi inflasi di Indonesia dan selanjutnya digunakan untuk memprediksi inflasi di Indonesia pada beberapa periode mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah diuraikan, masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana bentuk model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* pada faktor kurs mata uang dan suku bunga yang mempengaruhi inflasi di Indonesia?
2. Bagaimana keakuratan model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* dalam menjelaskan faktor kurs mata uang dan suku bunga yang mempengaruhi inflasi di Indonesia?
3. Bagaimana implementasi dari model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* untuk memprediksi inflasi di Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan bentuk model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* pada faktor kurs mata uang dan suku bunga yang mempengaruhi inflasi di Indonesia.

2. Menganalisis keakuratan model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* dalam menjelaskan faktor kurs mata uang dan suku bunga yang mempengaruhi inflasi di Indonesia.
3. Mengimplementasikan model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* untuk memprediksi inflasi di Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini meliputi hal-hal berikut:

1. Bagi Peneliti
 - a. Menambah pemahaman tentang teknik statistika dalam mengaplikasikan data finansial yaitu data inflasi, kurs mata uang, dan suku bunga.
 - b. Menambah wawasan mengenai pengaplikasian dari metode regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson*.
2. Bagi Pembaca

Sebagai sumber belajar dan pengetahuan mengenai matematika statistik, terutama dalam konteks pengaplikasian dari metode regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* menggunakan data *time series*.
3. Bagi Program Studi
 - a. Untuk pengembangan silabus dan pengembangan pembelajaran dalam bidang matematika khususnya pada bidang estimasi pada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
 - b. Sebagai acuan dan referensi untuk penelitian selanjutnya dari metode regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson*.

4. Bagi Instansi Bidang Ekonomi

Sebagai informasi dan pengambilan kebijakan untuk pertimbangan pada perubahan inflasi beberapa periode yang akan mendatang.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan permasalahan agar sesuai dengan tujuan yang dimaksud dan menghindari munculnya masalah tambahan yang lebih kompleks, peneliti menetapkan batasan-batasan penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan metode kernel dengan estimator *Nadaraya-Watson* dan pendekatan fungsi *Gaussian*.
2. Data yang diterapkan adalah data bulanan yang sudah ada sebelumnya, yaitu data inflasi, kurs mata uang Rupiah terhadap US Dollar, dan tingkat suku bunga periode Januari 2013 sampai Desember 2023.
3. Penelitian ini menggunakan metode *Ordinary Least Square (OLS)* untuk mengestimasi komponen parametrik dan menggunakan pendekatan estimator *Nadaraya-Watson* untuk mengestimasi komponen nonparametrik.
4. Penelitian ini menerapkan metode *Generalized Cross Validation (GCV)* untuk penentuan *bandwidth* yang optimal.
5. Penelitian ini menguji rentang *bandwidth* dari 0,00008 hingga 0,00728 dengan selisih 0,0008 di antara setiap nilai.
6. Uji keakuratan model didapatkan dari melihat nilai MAPE yang terkecil dengan ketentuan *Alpha Cronbach* sebesar 30%.
7. Melakukan prediksi inflasi pada satu bulan kedepan yaitu bulan Mei 2024.

1.6 Definisi Istilah

- Trace* : Jumlah semua elemen pada diagonal utama dari sebuah matriks persegi.
- Matriks *Transpose* : Operasi yang menghasilkan matriks baru dengan menukar posisi baris dan kolom dari bentuk matriks awal.
- Matriks Identitas : Matriks yang semua elemen lainnya memiliki nilai 0 dan elemen diagonal utama memiliki nilai 1.
- Bandwidth* : Parameter *smoothing* yang digunakan untuk mengatur tingkat kehalusan kurva yang diestimasi.
- Inflasi : Kenaikan harga semua barang yang mengakibatkan penurunan nilai uang.
- KURS : Nilai satu mata uang terhadap mata uang lainnya pada suatu waktu tertentu.
- Suku Bunga : Persentase biaya atau keuntungan yang terkait dengan peminjaman atau investasi uang dalam periode waktu tertentu.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Teori Pendukung

2.1.1 *Pre Processing*

2.1.1.1 *Rescaling Data*

Merubah skala fitur atau keluaran data ke dalam rentang baru adalah esensi dari *rescaling* data. Salah satu teknik yang diterapkan untuk melakukan *rescaling* adalah *min-max normalization*. Pendekatan ini mengubah nilai data dari rentang aslinya menjadi rentang baru antara 0 dan 1. Persamaan *rescaling* data dengan metode *min-max normalization* dapat dinyatakan sebagai berikut (Aksu, dkk., 2019):

$$z_t^* = \frac{z_t - \min(z)}{\max(z) - \min(z)} \quad (2.1)$$

di mana:

- z_t^* : Data hasil *rescaling* pada observasi ke- t , $t = 1, 2, 3, \dots, n$,
- z_t : Data asli pada observasi ke- t ,
- z : Data asli keseluruhan,
- $\min(z)$: Nilai terkecil dari data asli keseluruhan,
- $\max(z)$: Nilai terbesar dari data asli keseluruhan.

2.1.1.2 *Korelasi Pearson*

Korelasi Pearson merupakan metode statistika yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan arah hubungan antara dua variabel yang sedang diuji.

Koefisien korelasi ini juga dikenal dengan sebutan koefisien *Product Moment Pearson*. Jenis korelasi ini cocok untuk data yang memiliki skala interval atau rasio.

Berikut adalah rumus dari *Product Moment* (Rasmussen, 2006):

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2 \cdot (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (2.2)$$

di mana:

- n : Banyaknya data,
- X : Variabel respon,
- Y : Variabel prediktor,
- r : Koefisien korelasi dengan ketentuan $-1 < r < 1$.

dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : r = 0$ (tidak ada hubungan antara variabel yang di uji)

$H_1 : r \neq 0$ (ada hubungan antara variabel yang di uji)

Untuk menguji apakah koefisien korelasi yang dihasilkan menunjukkan signifikansi secara statistik dapat menggunakan uji t dengan statistik uji sebagai berikut (Sugiyono, 2005):

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

di mana derajat kebebasan ($dk = n - 2$).

Kriteria penerimaan dan penolakan sebagai berikut:

Jika $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ atau $P\text{-Value} < \alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Artinya ada hubungan secara signifikan antara variabel yang di uji.

Jika $|t_{hitung}| < t_{tabel}$ $P\text{-Value} > \alpha = 0.05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Artinya tidak ada hubungan secara signifikan antara variabel yang di uji.

Menurut Priyatno (2016), arah dari korelasi ditentukan oleh sifat korelasinya dan intensitas korelasi dapat diinterpretasikan sebagai tingkat kekuatan atau lemahnya hubungan antar variabel respon dan variabel prediktor berdasarkan ketentuan berikut:

Tabel 2.1 Pedoman Tingkat Keeratan Korelasi Pearson

Interval Koefisien	Tingkat Keeratan Korelasi
$0 < r \leq 0,2$	Sangat lemah
$0,2 < r \leq 0,4$	Lemah
$0,4 < r \leq 0,6$	Sedang / Cukup
$0,6 < r \leq 0,8$	Kuat
$0,8 < r \leq 1$	Sangat kuat

Terlihat bahwa dari Tabel 2.1, interval koefisien memiliki rentang dari -1 sampai +1. Jika nilai koefisien korelasi bernilai positif, maka dikatakan bahwa antara variabel yang diuji memiliki hubungan yang searah. Ini berarti bahwa jika variabel X meningkat, maka variabel Y juga meningkat, begitupun sebaliknya. Sedangkan jika nilai koefisien korelasi bernilai negatif, maka dikatakan bahwa antara variabel yang diuji memiliki hubungan yang tidak searah atau berlawanan. Ini berarti bahwa jika variabel X meningkat, maka variabel Y akan menurun, begitupun sebaliknya.

2.1.2 Analisis Regresi

2.1.2.1 Regresi Parametrik

Salah satu metode statistika yang disebut regresi parametrik adalah mengkaji bagaimana satu variabel berhubungan dengan variabel lain, seperti yang diketahui dari data sebelumnya. Agar dapat digunakan, model regresi parametrik

harus memenuhi asumsi-asumsi yang kaku seperti bentuk fungsi regresi telah diketahui serta berdistribusi normal dari kesalahan (*error*) dan variansi yang konstan (Winarti & Sony, 2010). Misalkan terdapat data berpasangan (x_t, y_t) , hubungan antara variabel x_t dan variabel y_t dapat dijelaskan pada persamaan sebagai berikut:

$$y_t = \beta_0 + \sum_{t=1}^n \beta_t x_t + \varepsilon_t ; t = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

di mana:

- y_t : Variabel respon pada data ke- t ,
- x_t : Variabel prediktor pada data ke- t ,
- β_0 : Parameter model regresi,
- β_t : Parameter variabel prediktor pada x_t ,
- ε_t : *Error* pada data ke- t dengan asumsi independen, nilai rataannya nol dan variansi σ^2 .

2.1.2.2 Regresi Nonparametrik

Regresi nonparametrik merupakan teknik statistik yang digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor tanpa memiliki pengetahuan tentang bentuk fungsinya yang diasumsikan kontinu dalam domain fungsi tertentu (Dewi & Budiantara, 2012). Regresi nonparametrik memiliki bentuk umum sebagai berikut (Eubank, 1999):

$$y_t = f(z_t) + \varepsilon_t ; t = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

di mana:

y_t : Variabel respon pada data ke- t ,

z_t : Variabel prediktor pada data ke- t ,

$f(z_t)$: Fungsi regresi nonparametrik pada data ke- t yang tidak diketahui bentuknya,

ε_t : *Error* pada data ke- t .

Tidak seperti regresi parametrik, yang mengandalkan asumsi yang kaku seperti distribusi normal dari kesalahan (*error*) dan varians yang konstan, regresi nonparametrik adalah metode permodelan yang digunakan untuk menghindari asumsi-asumsi tersebut. Hal ini memberikan regresi nonparametrik memiliki tingkat fleksibilitas yang lebih besar dalam proses permodelan (Putra, dkk., 2015).

2.1.2.3 Regresi Semiparametrik

Beberapa ahli statistik berpandangan bahwa pendekatan regresi tidak terbatas pada parametrik dan nonparametrik saja, ada yang menganggap bahwa kurva regresi memiliki dua bagian, yakni bagian parametrik yang menggambarkan bentuk fungsi yang telah diketahui, dan bagian nonparametrik yang mencerminkan bentuk fungsi yang tidak diketahui. Metode regresi semiparametrik adalah contoh baru dari perspektif ini (Budiantara, 2011).

Dalam analisis regresi semiparametrik, estimasi parameter pada bagian yang parametrik dan estimasi kurva pada bagian yang nonparametrik akan menjadi setara. Regresi semiparametrik merupakan gabungan dari keduanya. Misalkan terdapat data berpasangan (y_t, x_t, z_t) dan hubungan antara y_t, x_t dan z_t

diasumsikan menggunakan model regresi semiparametrik sebagai berikut (Hardle, dkk., 2000):

$$y_t = \beta_0 + \sum_{t=1}^n \beta_t x_t + f(z_t) + \varepsilon_t ; t = 1, 2, \dots, n \quad (2.5)$$

di mana:

- y_t : Variabel respon pada data ke- t ,
- x_t : Variabel prediktor pada data ke- t untuk komponen parametrik,
- β_0 dan β_t : Parameter parametrik,
- $f(z_t)$: Fungsi regresi yang tidak diketahui bentuknya untuk komponen nonparametrik,
- z_t : Variabel prediktor pada data ke- t untuk komponen nonparametrik,
- ε_t : *Error* pada data ke- t .

2.1.3 Estimator Kernel

Untuk mengeksplorasi data, maka harus tahu pola distribusi data yang digunakan. Histogram adalah alat umum untuk mengevaluasi pola distribusi data, namun tidak mampu memberikan perkiraan kurva densitas yang mulus. Oleh karena itu, untuk menghasilkan kurva densitas yang lebih mulus, digunakan estimator penghalus dari fungsi densitas sebenarnya. Salah satu estimator penghalus yang umum digunakan adalah estimator kernel, yang merupakan perkembangan dari konsep histogram (Ogden, 1997). Estimator kernel memiliki

kesamaan dengan estimator linier lainnya, namun metode kernel lebih terfokus pada pemilihan *bandwidth* dalam proses estimasi (Eubank, 1998).

2.1.3.1 Fungsi Kernel

Menurut Hardle (1994), fungsi kernel biasanya digambarkan pada persamaan berikut:

$$K(z) = \frac{1}{h} K\left(\frac{z}{h}\right) \quad (2.6)$$

di mana:

K : Fungsi kernel,

h : *Bandwidth* atau parameter pemulus.

Menurut Sukarsa & Srinadi (2012), jenis fungsi kernel diantaranya sebagai berikut:

Tabel 2.2 Jenis Fungsi Kernel

Tipe Kernel	Fungsi Kernel
<i>Gaussian</i>	$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-u^2}{2}\right) I_{(-\infty, \infty)}(u) \quad (2.7)$
<i>Epanechnikov</i>	$K(u) = \frac{3}{4} (1-u^2) I_{(-1,1)}(u)$
<i>Uniform</i>	$K(u) = \frac{1}{2} I_{(-1,1)}(u)$
<i>Triangle</i>	$K(u) = (1- u) I_{(-1,1)}(u)$
<i>Triweight</i>	$K(u) = \frac{35}{32} (1-u^2)^3 I_{(-1,1)}(u)$

Tipe Kernel	Fungsi Kernel
<i>Kuartik</i>	$K(u) = \frac{15}{16}(1-u^2)I_{(-1,1)}(u)$
<i>Cosinus</i>	$K(u) = \frac{\pi}{4} \cos\left(\frac{\pi}{2}u\right)I_{(-1,1)}(u)$

di mana I merupakan indikator dan $u = \frac{z - z_t}{h}$.

2.1.3.2 Regresi Nonparametrik Kernel

Mengidentifikasi hubungan nonlinier antara variabel acak Z dan Y adalah tujuan utama regresi kernel. Ekspektasi bersyarat variabel Y terhadap variabel Z dapat ditulis sebagai (Hardle, 1994):

$$E(Y | Z = z) = f(z) \quad (2.8)$$

$$\widehat{f}(Z) = \int_{-\infty}^{\infty} m(y | z) y dy \quad (2.9)$$

dengan,

$$m(y | z) = \frac{m(z, y)}{m(z)}, m(z) > 0 \quad (2.10)$$

di mana:

$m(z)$: Fungsi kepadatan marginal Z ,

$m(z, y)$: Fungsi kepadatan gabungan dari (Z, Y) .

Secara matematis, representasi penaksir densitas kernel dari $m_h(z)$ dituliskan sebagai berikut:

$$\widehat{m}_h(z) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n K_h(z - z_t) \quad (2.11)$$

dengan,

$$K_h(z - z_t) = \frac{1}{h} K\left(\frac{z - z_t}{h}\right),$$

sehingga akan menjadi persamaan sebagai berikut:

$$\widehat{m}_h(z) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{1}{h} K\left(\frac{z - z_t}{h}\right) \quad (2.12)$$

Misalkan $(z = z_1, z_2, \dots, z_n)$ merupakan sampel acak dari distribusi m dimana K adalah fungsi kernel yang terbatas dan positif. Ada lima syarat yang harus dipenuhi, yaitu sebagai berikut (Silverman, 1986):

1. Untuk masing-masing z , $K(z) \geq 0$;

$$2. \int_{-\infty}^{\infty} z_t K(z) dz = \begin{cases} 1 & , \quad t = 0 \\ 0 & , \quad 1 \leq t \leq r; \\ \neq 0 & , \quad t = r \end{cases}$$

$$3. \int_{-\infty}^{\infty} z^2 K(z) dz = \sigma^2 > 0;$$

$$4. \int_{-\infty}^{\infty} K(z) dz = 1;$$

5. $K(z)$ simetris di sekeliling nol. Grafik berbentuk lonceng yang mengelilingi garis vertikal Y .

Menurut Halim & Bisono (2006), estimator kernel dan estimator linier lainnya memiliki fungsi yang serupa. Namun, estimator kernel lebih terfokus pada *bandwidth*. Berikut adalah tiga kategori estimator kernel:

1. Estimator *Priestly Chao*

$$\widehat{f}(z) = \sum_{t=1}^n \frac{1}{h} (z_t - z_{t-1}) K\left(\frac{z - z_t}{h}\right) y_t$$

2. Estimator *Nadaraya-Watson*

$$\widehat{f}(z) = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{1}{h} K\left(\frac{z-z_t}{h}\right) y_t}{\sum_{t=1}^n \frac{1}{h} K\left(\frac{z-z_t}{h}\right)} \quad (2.13)$$

3. Estimator *Gasser Muller*

$$\widehat{f}(z) = \sum_{t=1}^n \frac{1}{h} \left[\int_{z_{t-1}}^{z_t} K\left(\frac{z-z_t}{h}\right) dz \right] y_t$$

di mana:

$K(\cdot)$: Fungsi kernel,

$\widehat{f}(z)$: Fungsi estimasi regresi nonparametrik yang berisi variabel prediktor,

z_t : Variabel prediktor pada data ke- t ,

y_t : Variabel respon pada data ke- t ,

h : *Banwidth*,

z : Variabel prediktor yang nilainya tidak teramati namun akan digunakan untuk menaksir,

n : Banyak data.

Pada tahun 1964, Nadaraya-Watson menggagas penggunaan metode estimasi regresi kernel untuk mengestimasi rata-rata terbobot lokal dari variabel m dengan menerapkan kernel sebagai fungsi pembobot (Saputra, 2016). Pada fungsi kepadatan peluang gabungan $f(z, y)$, estimator kernel mengestimasi pembilang dan penyebut secara terpisah, sehingga diperoleh (Apriani, 2015):

$$m(z, y) = \frac{1}{nh_z h_y} \sum_{t=1}^n K\left(\frac{z-z_t}{h_z}\right) K\left(\frac{y-y_t}{h_y}\right) \quad (2.14)$$

Sehingga untuk mendapatkan hasil estimasi dari pembilang yang terdapat pada persamaan (2.14):

$$\int_{-\infty}^{\infty} ym(z, y)dy = \frac{1}{nh_z h_y} \int_{-\infty}^{\infty} y \sum_{t=1}^n K\left(\frac{z - z_t}{h_z}\right) K\left(\frac{y - y_t}{h_y}\right) dy \quad (2.15)$$

dan

$$\int_{-\infty}^{\infty} y K\left(\frac{y - y_t}{h_y}\right) dy = y_t \quad (2.16)$$

sehingga dapat dituliskan:

$$\int_{-\infty}^{\infty} ym(z, y)dy = \frac{1}{nh_z h_y} \int_{-\infty}^{\infty} y \sum_{t=1}^n K\left(\frac{z - z_t}{h_z}\right) y_t dy \quad (2.17)$$

Kemudian akan dihitung estimasi penyebut:

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} m(z, y)dy &= \frac{1}{nh_z h_y} \int_{-\infty}^{\infty} y \sum_{t=1}^n K\left(\frac{z - z_t}{h_z}\right) K\left(\frac{y - y_t}{h_y}\right) dy \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} K\left(\frac{y - y_t}{h_y}\right) dy = 1 \end{aligned} \quad (2.18)$$

Fungsi kernel yang disimbolkan dengan K adalah fungsi kontinu, dibatasi, dan simetris yang dapat diintegrasikan untuk menghasilkan 1.

$$\int_{-\infty}^{\infty} K(u)du = 1 \quad (2.19)$$

maka diperoleh

$$\int_{-\infty}^{\infty} m(z, y)dy = \frac{1}{nh_z h_y} \sum_{t=1}^n K\left(\frac{z - z_t}{h_z}\right) = f(z) \quad (2.20)$$

Estimasi kernel *Nadaraya-Watson* untuk $\hat{f}(z)$ dari fungsi regresi yaitu:

$$\begin{aligned}
\widehat{f}(z) &= \frac{\sum_{t=1}^n \frac{1}{nh_z h_y} K\left(\frac{z-z_t}{h_z}\right) y_t}{\sum_{t=1}^n \frac{1}{nh_z h_y} K\left(\frac{z-z_t}{h_z}\right)} \\
&= \frac{\sum_{t=1}^n K\left(\frac{z-z_t}{h}\right) y_t}{\sum_{t=1}^n K\left(\frac{z-z_t}{h}\right)} \\
&= \sum_{t=1}^n W_{ht}(z) y_t
\end{aligned} \tag{2.21}$$

$$\text{dengan } W_{ht}(z) = \frac{K\left(\frac{z-z_t}{h}\right)}{\sum_{t=1}^n K\left(\frac{z-z_t}{h}\right)}$$

dimana:

- z_t : Nilai variabel prediktor pada data ke- t ,
- y_t : Nilai variabel respon pada data ke- t ,
- z : Variabel prediktor yang nilainya tidak teramati namun digunakan untuk menaksir,
- h : *Bandwidth*.

2.1.4 Estimasi Regresi Semiparametrik Kernel

Model regresi semiparametrik pada persamaan (2.5), dapat dilihat bahwa $f(z_t)$ merupakan fungsi nonparametrik dan β merupakan parameter parametrik. Fungsi nonparametrik $f(z_t)$ dapat diestimasi dengan menggunakan salah satu metode yaitu kernel, sedangkan parameter β dapat diestimasi dengan menggunakan salah satu metode yaitu *Ordinary Least Square (OLS)*.

Dalam metode kuadrat terkecil tanpa pembobot atau OLS, diasumsikan bahwa terdapat variansi *error* yang konsisten, yang sering disebut sebagai homoskedastisitas. Pada OLS ini meminimumkan *error* sebagai berikut (Aziz, 2010):

$$\begin{aligned}
 \varepsilon^T \varepsilon &= (y - X\beta)^T (y - X\beta) \\
 &= (y^T - \beta^T X^T)(y - X\beta) \\
 &= y^T y - y^T X\beta - \beta^T X^T y + \beta^T X^T X\beta \\
 &= y^T y - (y^T X\beta)^T - \beta^T X^T y + \beta^T X^T X\beta \\
 &= y^T y - \beta^T X^T y - \beta^T X^T y + \beta^T X^T X\beta \\
 &= y^T y - 2\beta^T X^T y + \beta^T X^T X\beta
 \end{aligned} \tag{2.22}$$

Kemudian mengambil turunan pertama $\varepsilon^T \varepsilon$ terhadap β untuk meminimalkannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial(\varepsilon^T \varepsilon)}{\partial \beta} &= 0 - 2X^T y + X^T X\beta + (\beta^T X^T X)^T \\
 &= -2X^T y + X^T X\beta + X^T X\beta \\
 &= -2X^T y + 2X^T X\beta
 \end{aligned} \tag{2.23}$$

Lalu menyamakannya dengan nol, diperoleh

$$-2X^T y + 2X^T X\beta = 0$$

$$2X^T y = 2X^T X\beta$$

$$X^T y = X^T X\beta$$

Bentuk dari estimator OLS adalah sebagai berikut:

$$\widehat{\beta}_{OLS} = (X^T X)^{-1} X^T y \tag{2.24}$$

Selanjutnya, dilakukan penurunan kedua terhadap β , diperoleh sebagai berikut:

$$\frac{\partial}{\partial \beta^T} \left(\frac{\partial(\varepsilon^T \varepsilon)}{\partial \beta} \right) = 2X^T X \quad (2.25)$$

Pada hasil penurunan kedua dari β di atas menunjukkan sifat positif definit.

Dengan demikian, estimasi yang dilakukan menggunakan OLS ini memberikan hasil yang optimal dan akurat bagi suatu model regresi yang dihasilkan.

2.1.5 *Bandwidth Optimum*

Salah satu masalah utama dalam pemilihan kernel adalah pemilihan *bandwidth*. *Bandwidth* merupakan faktor pemulus yang digunakan untuk mengendalikan pola halus pada kurva estimasi. Pilihan *bandwidth* untuk regresi kernel lebih penting daripada pilihan fungsi kernel (Sukarsa & Srinadi, 2012). Proses yang optimal untuk memilih *bandwidth* mengutamakan keseimbangan bias dan varians. *Mean Square Error* (MSE) menjadi kriteria yang dapat menunjukkan hubungan antara bias dan variansi. Dengan meminimalkan MSE, masalah antara bias dan variansi juga dapat diminimalkan. *Bandwidth* kernel yang merupakan parameter independen, secara signifikan memengaruhi estimasi yang dihasilkan. Estimasi *bandwidth* kernel aditif merupakan metode umum yang digunakan di mana *bandwidth* tidak konstan tetapi bervariasi berdasarkan estimasi atau sampel. Metode *Generalized Cross Validation* (GCV) adalah salah satu metode dalam analisis regresi yang digunakan untuk menemukan *bandwidth* yang optimal. Untuk mendapatkan nilai GCV yang paling rendah dilakukan secara *trial and error*. Persaman GCV adalah sebagai berikut:

$$GCV = \frac{MSE}{\left(\frac{1}{n} \text{tr}(I - H(h))\right)^2} \quad (2.26)$$

$$= \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{\left(\frac{1}{n} \text{tr}(I - H(h))\right)^2} \quad (2.27)$$

dengan

$$H(h) = X(X^T X + nhI)^{-1} X^T \quad (2.28)$$

di mana:

- tr : *Trace* matriks,
- X : Matriks data,
- X^T : Matriks *transpose*,
- \hat{y}_t : Hasil estimasi variabel respon pada data ke- t ,
- y_t : Variabel respon pada data ke- t ,
- n : Banyak data,
- h : *Bandwidth* atau parameter pemulus,
- I : Matriks identitas.

2.1.6 Mean Absolute Percentage Error

Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) adalah representasi tingkatan keakuratan hasil estimasi model dan prediksi. MAPE dapat dihitung dengan cara membagi persentase dari rata-rata nilai absolut residual pada setiap periode dengan nilai aktual. Menurut Wei (2006), MAPE dinyatakan sesuai dengan persamaan berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| \times 100 \quad (2.29)$$

di mana:

- Z_t : Nilai sebenarnya data variabel respon pada waktu ke- t ,
- \hat{Z}_t : Nilai prediksi data variabel respon pada waktu ke- t ,
- n : Banyaknya data.

Model yang baik memiliki nilai MAPE yang memenuhi kriteria yang tercantum pada tabel berikut (Lewis, 1982):

Tabel 2.3 Interpretasi Nilai MAPE

MAPE (%)	Tingkat Akurasi
$0 \leq MAPE < 10$	Prediksi Sangat Akurat
$10 \leq MAPE < 20$	Prediksi Akurat
$20 \leq MAPE < 50$	Prediksi Wajar
$MAPE \geq 50$	Prediksi Tidak Akurat

2.1.7 Inflasi

Inflasi adalah suatu kondisi atau situasi di mana harga semua barang terus meningkat dalam suatu ekonomi tertentu (Kamal, dkk., 2021). Oleh karena itu, inflasi dapat dijelaskan sebagai meningkatnya harga barang atau jasa yang berkelanjutan yang mengakibatkan penurunan nilai uang negara, penurunan kemampuan ekspor, dan kesulitan menetapkan harga pokok dan harga jual. Jika inflasi rendah dan stabil, itu menunjukkan bahwa ekonomi nasional dikelola dengan baik. Bagi masyarakat umum, inflasi mempengaruhi kesejahteraan hidup karena mempengaruhi daya beli, dan bagi dunia usaha, laju inflasi adalah komponen

penting dalam membuat banyak keputusan. Akibatnya, faktor inflasi selalu menjadi perhatian pemerintah ketika mereka membuat dan menerapkan kebijakan ekonomi yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

2.1.8 Kurs Mata Uang

Kurs mata uang atau nilai tukar mata uang adalah harga yang digunakan untuk membandingkan nilai mata uang suatu negara dengan negara lainnya. Nilai tukar suatu negara juga mencerminkan kondisi ekonomi negara tersebut. Ketika nilai tukar mata uang pada suatu negara tinggi, itu menandakan perekonomian negara tersebut dalam kondisi baik, sedangkan jika nilai tukarnya rendah, itu menunjukkan kondisi ekonomi yang kurang baik. Penentuan nilai tukar dipengaruhi oleh permintaan dan penawaran mata uang di pasar (Sedyaningrum, dkk., 2016).

2.1.9 Suku Bunga

Salah satu strategi yang Bank Indonesia terapkan untuk mempertahankan stabilitas nilai tukar rupiah adalah melalui penggunaan Sertifikat Bank Indonesia (SBI). Dengan menjual SBI, Bank Indonesia dapat mengendalikan jumlah uang primer yang beredar yang berlebihan. Suku bunga yang ditetapkan berdasarkan pertimbangan waktu dan faktor ekonomi menawarkan keuntungan yang lebih baik dibandingkan dengan tingkat pinjaman yang tinggi atau rendah. Menurut Boediono dalam Yehosua, dkk. (2019), suku bunga merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk menggunakan dana investasi. Ketika seseorang mempertimbangkan apakah akan menabung atau berinvestasi, suku bunga menjadi salah satu aspek yang harus dipertimbangkan.

2.2 Sifat Boros dalam Islam

Islam melarang umatnya untuk memiliki sifat boros. Menariknya, kata boros hanya disebutkan dalam Al-Qur'an sebanyak dua kali, yaitu pada Q.S Al-Isra' ayat 26 dan 27 yang diterbitkan oleh LPMQ (2022), yang artinya:

“Berikanlah kepada kerabat dekat haknya, (juga kepada) orang miskin, dan orang yang dalam perjalanan. Janganlah kamu menghambur-hamburkan (hartamu) secara boros.” (Q.S Al-Isra':26).

“Sesungguhnya para pemboros itu adalah saudara-saudara setan dan setan itu sangat ingkar kepada Tuhannya.” (Q.S Al-Isra':27).

Pada kedua ayat tersebut, ayat 26 menjelaskan tentang penegasan larangan boros dan ayat 27 menjelaskan keterkaitan antara perilaku boros dengan penyebutan sebagai saudara setan.

Pemborosan sering terhubung dengan pengeluaran harta. Membuang waktu di masa muda, memikirkan hal yang tak perlu, terlibat dalam hal-hal yang tak memberi manfaat, memberikan kewajiban kepada orang yang tidak layak, mengambil tanggung jawab walaupun tidak sanggup, dan mengajarkan hal-hal yang tidak berguna, semuanya masuk dalam konsep pemborosan (Qaraati, 2002).

Dalam kitab Tafsir Al-Munir Akidah Syaria'ah Manhaj yang ditulis oleh Az-Zuhaili (2003), ayat diatas menjelaskan bahwa gunakan harta dengan bijaksana, jangan untuk melakukan tindakan yang melanggar aturan agama, tetapi berikan pada yang berhak secara sewajarnya, tanpa berlebihan atau pemborosan. Allah menegaskan bahwa perilaku boros dianggap buruk dan disamakan dengan tindakan setan. Pada firman Allah yang artinya, mereka yang menggunakan harta mereka untuk melakukan perbuatan maksiat menyerupai tindakan jahat setan. Mereka menjadi sekutu setan di dunia dan akhirat, dengan sifat dan perilaku yang serupa dengan setan-setan tersebut.

Ibnu Mas'ud dalam kitab Tafsir Al-Munir Akidah Syaria'ah Manhaj yang ditulis oleh Az-Zuhaili (2003), menyatakan bahwa *at-Tabdziir*, atau pemborosan harta, terjadi saat harta digunakan untuk tujuan yang tidak benar. Sementara menurut Mujahid, seseorang bukanlah disebut sebagai pemboros jika ia mengalokasikan seluruh hartanya untuk hal yang tepat. Namun, jika ia bahkan menggunakan sebagian kecil hartanya untuk tujuan yang tidak benar, maka dia telah masuk dalam kategori pemboros. Diriwayatkan dari Ali, ia menyampaikan bahwa penggunaan harta untuk kebutuhan pribadi dan keluarga dengan penuh perhitungan serta tanpa pemborosan, serta pemberian sedekah, akan menjadi amal bagi diri sendiri. Namun, jika digunakan untuk pamer, itu dianggap sebagai persembahan bagi setan.

Celaan Allah sangat keras terhadap mereka yang cenderung berlebihan. Mereka disamakan dengan saudara setan, yaitu entitas tanpa kebaikan, yang senantiasa berkelakuan buruk tanpa henti. Oleh karena itu, sepantasnya jika Allah tidak menyukai orang-orang yang bersikap berlebihan dalam kehidupan mereka, sebagaimana Allah tidak pernah menyukai setan (Sya'rawi, 2008).

Pemakaian kata kafur atau sangat ingkar untuk menggambarkan setan adalah peringatan yang kuat bagi setiap pemboros yang menjadi rekan bagi setan tersebut. Pesan tersebut menyampaikan bahwa keterlibatan dan hubungan mereka dengan setan dapat membawa mereka ke arah kekufuran. Ini karena pertemanan sering kali memengaruhi, dan orang cenderung meniru serta mencontoh perilaku teman mereka. Seperti kutipan singkat dari sebuah buku Tafsir Al-Misbah yang ditulis oleh Shihab (2004), yaitu “Anda bisa mengetahui seseorang tanpa harus tahu

identitasnya melainkan hanya dengan melihat siapa yang menjadi temannya. Karena pada dasarnya, setiap teman cenderung meniru dan mencerminkan satu sama lain”.

Menurut penjelasan dalam buku Tafsir Nurul al-Qur’an yang ditulis oleh Imani (2005), ayat tersebut memberikan dasar yang kuat dan menekankan pentingnya menghindari perilaku boros. Disampaikan bahwa individu yang melakukan sikap pemborosan bisa dianggap sebagai sekutu setan. Hal ini dikarenakan mereka cenderung tidak mensyukuri nikmat yang diberikan Allah, sedangkan setan sendiri adalah makhluk yang tidak memiliki rasa syukur.

2.3 Kajian Topik dengan Teori Pendukung

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode regresi nonparametrik kernel *Nadaraya-Watson* dengan pendekatan fungsi *Gaussian*. Penelitian yang pertama dilakukan oleh Muazarah (2023). Pada penelitiannya, melakukan pemodelan inflasi yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suku bunga (*BI Rate*), nilai tukar kurs rupiah terhadap USD, dan jumlah uang beredar periode Januari 2020 hingga Desember 2022. Kesimpulan yang didapatkan adalah model terbaik regresi nonparametrik kernel fungsi *Gaussian* pada faktor-faktor yang mempengaruhi inflasi diperoleh pada nilai *bandwidth* yang optimum sebesar 10 dengan nilai GCV yang terkecil sebesar 0,139558. Hasil keakuratan model terbaik diperoleh nilai *Mean Absolute Error* (MAE) yang terkecil sebesar 0,14 dimana nilai tersebut mendekati 0, sehingga model yang didapatkan cukup akurat.

Penelitian selanjutnya yaitu dilakukan oleh Farida, dkk. (2022) yang membandingkan antara kernel *Gaussian* dan *Epanechnikov* regresi nonparametrik dalam peramalan Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI). Data yang digunakan dalam penelitiannya adalah nilai tukar mata uang, jumlah uang beredar, suku bunga, inflasi, dan ISSI. Estimator yang digunakan adalah estimator *Nadaraya-Watson* dengan pendekatan fungsi kernel *Gaussian* dan *Epanechnikov*. Kemudian dari hasil prediksi antara kedua fungsi tersebut, maka selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien determinasi dan nilai MAPE untuk menguji keakuratannya. Kesimpulan yang didapatkan adalah dari perhitungan kedua fungsi tersebut yang paling tepat adalah fungsi *Gaussian* yaitu koefisien determinasinya bernilai 85% dan MAPE bernilai 15%. Oleh karena itu, metode regresi nonparametrik kernel *Gaussian* dianggap lebih unggul dibandingkan dengan metode regresi nonparametrik kernel *Epanechnikov*.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Era, dkk. (2022) yang memodelkan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dengan menggunakan model regresi semiparametrik kernel. Pada penelitiannya menggunakan estimator *Nadaraya-Watson* dengan fungsi *Gaussian* dalam memodelkan IHSG. Data yang dianalisis adalah IHSG, jumlah uang beredar, dan inflasi dalam rentang waktu dari November 2015 hingga Desember 2019. Hasil dari pemodelan menunjukkan bahwa dengan menggunakan model regresi semiparametrik kernel, ditemukan estimasi parameter sebesar 4,024098 dengan *bandwidth* optimal sebesar 0,75 dan GCV sebesar 76467,09. Uji keakuratan dilakukan dengan perhitungan nilai MAPE. Ditemukan bahwa MAPE memiliki angka di bawah 10%, tepatnya 3,6%. Oleh karena itu,

kesimpulan yang bisa ditarik adalah model regresi semiparametrik kernel terbaik menunjukkan kualitas estimasi yang sangat tinggi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode kuantitatif dan studi literatur. Studi literatur ini dilakukan dengan mengumpulkan referensi-referensi yang relevan dengan penelitian. Sementara itu, dalam pendekatan kuantitatif, tujuannya adalah menggunakan data yang sesuai dengan kebutuhan peneliti. Dalam penelitian ini, data yang sesuai digunakan dalam metode regresi semiparametrik kernel dengan menggunakan estimator *Nadaraya-Watson* dan pendekatan fungsi *Gaussian*.

3.2 Data dan Sumber Data

Data inflasi, kurs mata uang Rupiah terhadap US Dollar, dan tingkat suku bunga periode Januari 2013 sampai Desember 2023 merupakan data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini. Data tersebut diakses pada 07 Maret 2024. Data tersebut diperoleh dari laman web resmi Bank Indonesia (BI). Data yang digunakan akan terbagi menjadi tiga variabel dengan rincian definisi variabel pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Definisi Variabel

Simbol	Jenis Variabel	Variabel	Satuan	Skala Data
y_t	Respon	Inflasi	%	Rasio
x_{t-1}	Prediktor Komponen Parametrik	Kurs Mata Uang Rupiah terhadap US Dollar	%	Rasio
z_{t-1}	Prediktor Komponen Nonparametrik	Tingkat Suku Bunga (BI <i>Rate</i>)	%	Rasio

3.3 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini akan menggunakan data inflasi di Indonesia yang dipengaruhi oleh faktor kurs mata uang Rupiah terhadap US Dollar dan tingkat suku bunga periode Januari 2013 sampai Desember 2023. Berikut adalah langkah-langkah penelitian yang akan diterapkan:

A. Persiapan Data

1. Membuat statistika deskriptif dengan membuat *scatter plot* masing-masing data
2. Melakukan *rescaling* data dengan metode *min-max normalization*, dan membuat *scatter plot* untuk mengetahui pola hubungan antara masing-masing variabel sehingga diketahui komponen parametrik dan komponen nonparametrik.
3. Menguji korelasi Pearson antar variabel. Pada uji korelasi ini digunakan hanya untuk mengetahui tingkat signifikansi korelasi antar variabel yang di uji dan diharapkan memiliki korelasi yang kuat

B. Pemodelan Regresi Semiparametrik

1. Menentukan model regresi semiparametrik yang akan di estimasi
2. Mengestimasi fungsi nonparametrik yang tidak diketahui pada persamaan (2.5) dengan pendekatan estimator *Nadaraya-Watson* pada persamaan (2.13) dan fungsi kernel *Gaussian* pada persamaan (2.7) sehingga fungsi nonparametrik yang tidak diketahui modelnya menjadi diketahui yaitu $\hat{f}(Z)$. Kemudian mengestimasi semiparametrik kernel guna menemukan bentuk parameter β pada persamaan (2.5) dilakukan melalui penerapan metode OLS sehingga diperoleh $\hat{\beta}$

3. Memilih *bandwidth* optimal menggunakan metode GCV pada persamaan (2.27) dengan melakukan percobaan berulang hingga ditemukan nilai GCV yang minimum dalam rentang yang telah ditentukan
4. Mengestimasi model regresi semiparametrik kernel dengan estimator *Nadaraya-Watson* dan pendekatan fungsi *Gaussian* setelah ditemukan nilai *bandwidth* dan nilai $\hat{\beta}$

C. Keakuratan Model Terbaik

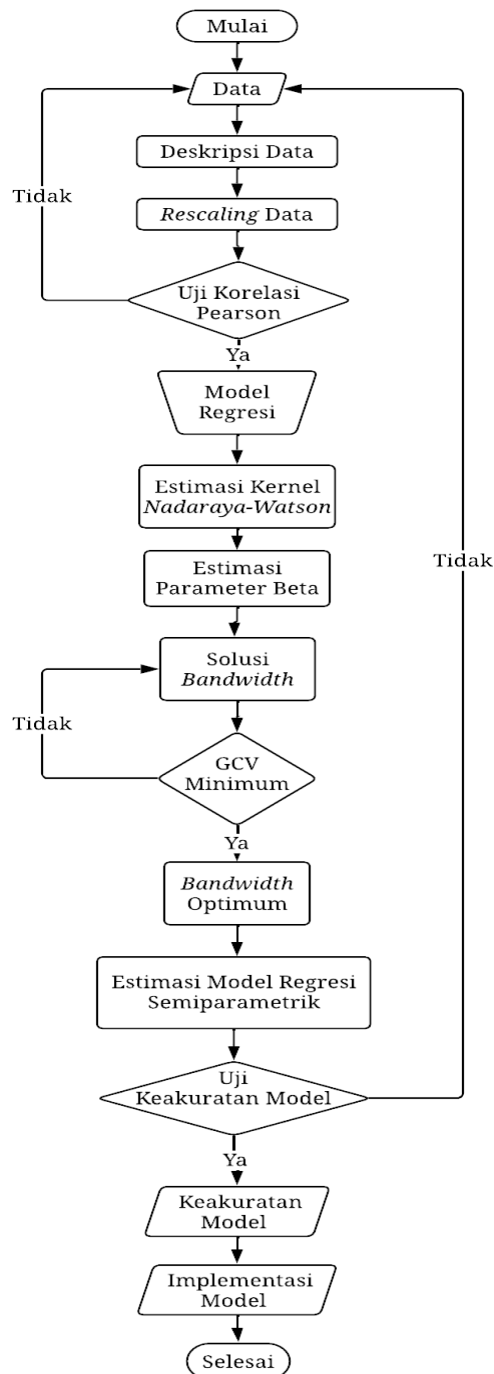
Menghitung keakuratan model dengan menggunakan MAPE pada persamaan (2.29) sehingga diketahui seberapa akurat model yang diperoleh

D. Implementasi Model Terbaik

Mengimplementasikan model yang sudah ditentukan pada langkah sebelumnya untuk memprediksi inflasi di Indonesia pada satu periode mendatang yaitu bulan Mei 2024

3.4 Flowchart

Berikut disajikan *flowchart* dari pemodelan regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* untuk memodelkan inflasi di Indonesia yang dipengaruhi oleh faktor kurs mata uang Rupiah terhadap US Dollar dan tingkat suku bunga periode Januari 2013 sampai Desember 2023.



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

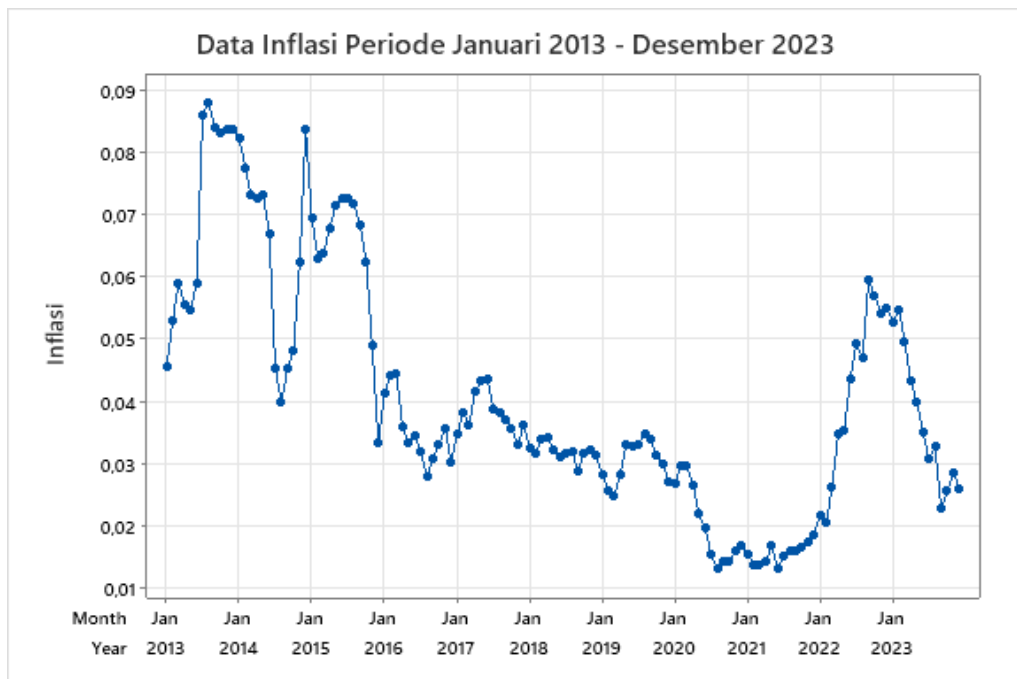
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Persiapan Data

4.1.1 Statistika Deskriptif

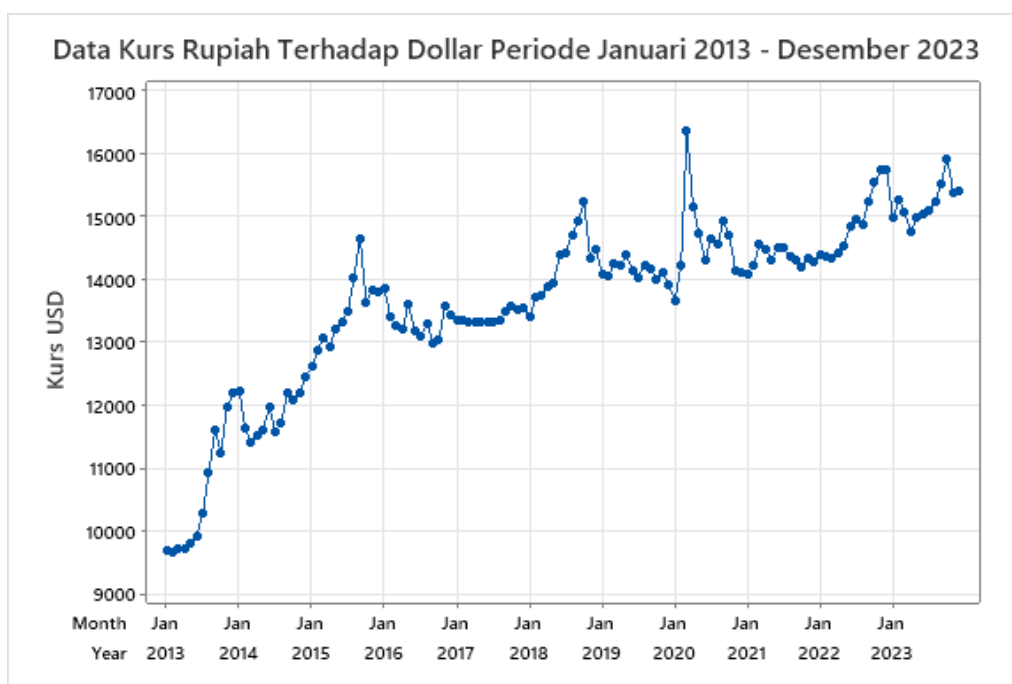
Penyajian statistika deskriptif dengan *scatter plot* bertujuan untuk mengetahui sebaran data dari data inflasi, tingkat suku bunga, dan kurs mata uang Rupiah terhadap US Dollar periode Januari 2013 sampai Desember 2023. Jumlah data yang digunakan masing-masing variabel sebanyak 131 data, selengkapnya pada Lampiran 1. Berikut merupakan *scatter plot* dari masing-masing data:



Gambar 4.1 Plot Data Inflasi

Pergerakan inflasi di Indonesia dari Januari 2013 sampai Desember 2023 ditampilkan pada Gambar 4.1. Gambar tersebut menunjukkan bahwa inflasi di Indonesia bersifat fluktuatif atau tidak menentu. Inflasi terendah terjadi pada Agustus 2020 dengan angka 1,32%, sementara inflasi tertinggi terjadi pada Agustus

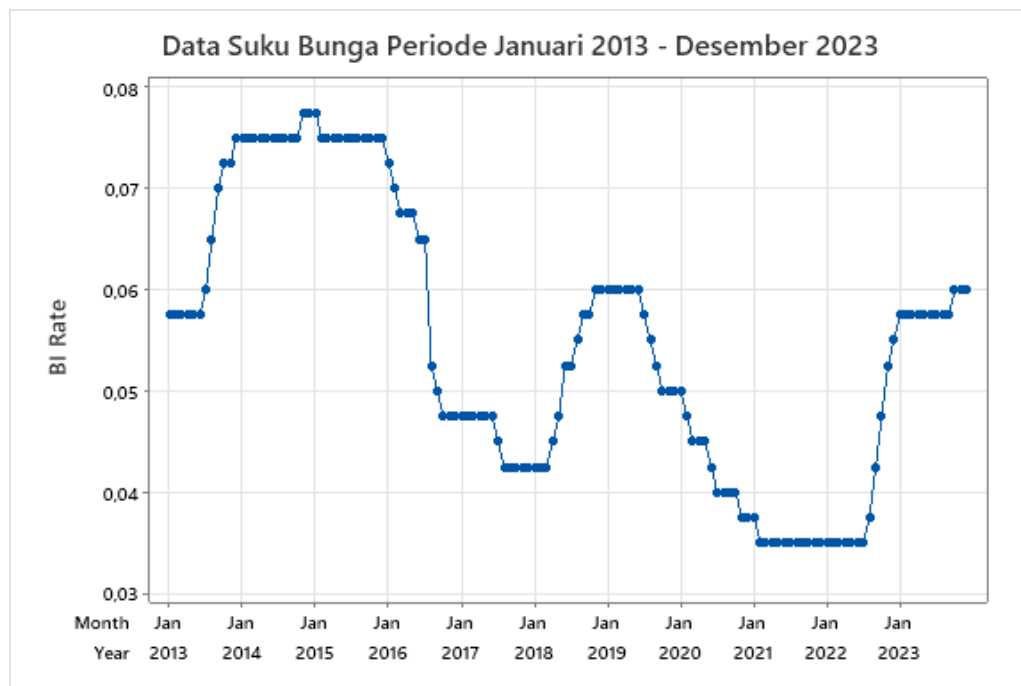
2013 yang mencapai angka 8,79%. Kondisi inflasi di Indonesia pada periode tersebut berada pada interval 1% - 9%. Artinya, Indonesia mengalami inflasi yang tergolong ringan karena tingkat inflasi kurang dari 10% setiap tahunnya. Situasi ini dapat memberikan keuntungan bagi pelaku bisnis, terutama investor dan manajemen perusahaan, karena dapat dijadikan sebagai landasan kebijakan untuk melakukan investasi. Pada periode tahun 2020 sampai dengan 2022, inflasi mengalami penurunan dikarenakan adanya pembatasan aktivitas ekonomi pada saat pandemi COVID-19.



Gambar 4.2 Plot Data Kurs

Pergerakan kurs Rupiah terhadap US Dollar dapat dilihat pada Gambar 4.2 yang menunjukkan fluktuatif dari Januari 2013 sampai Desember 2023. Kurs Rupiah terhadap US Dollar terendah terjadi pada Februari 2013 sebesar Rp9.667,00, sedangkan nilai tertinggi terjadi pada Maret 2020 sebesar Rp16.367,00. Pada puncaknya di Maret 2020, kurs Rupiah mencapai Rp16.367,00 per US Dollar. Peningkatan yang cukup tinggi ini dipicu oleh pandemi COVID-19 yang melanda

hampir di seluruh dunia. Peningkatan tersebut menyebabkan ketidakpastian ekonomi yang ekstrem.



Gambar 4.3 Plot Data Tingkat Suku Bunga

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa tingkat suku bunga dari Januari 2013 sampai Desember 2023 berkisar antara 3,5% - 8%. Tingkat suku bunga terendah terjadi pada bulan Februari 2021 sampai Juli 2022 sebesar 3,5%. Sedangkan tingkat suku bunga tertinggi terjadi pada bulan November 2014 sampai Januari 2015 sebesar 7,75%. Pada bulan September 2022, tingkat suku bunga terus meningkat. Kondisi ini di Indonesia bisa dimanfaatkan oleh berbagai pihak untuk menabung guna memperoleh keuntungan lebih besar. Selain itu, peningkatan suku bunga juga dapat mendorong investor untuk menjual saham mereka.

Dari data inflasi, kurs, dan tingkat suku bunga di atas, terlihat bahwa ada perbedaan skala dan satuan. Untuk mencegah masuknya dominasi variabel dalam model, maka perlu dilakukannya penskalaan ulang (*rescaling*) data.

4.1.2 Rescaling dan Plot Data

Dikarenakan setiap data yang digunakan dalam penelitian ini memiliki skala dan satuan yang berbeda, maka diperlukannya proses *rescaling*. Pada regresi semiparametrik kernel, penskalaan data diperlukan untuk model yang lebih baik. Hal ini dikarenakan peran penting *bandwidth* dalam regresi nonparametrik kernel bergantung pada skala dan satuan data.

Data ditransformasikan secara *rescaling* dengan menggunakan teknik normalisasi *min-max* dari rentang aktual menjadi antara rentang 0 dan 1. Transformasi dilakukan dengan memanfaatkan nilai minimum dan maksimum dari setiap variabel penelitian. Berdasarkan sub-bab sebelumnya, nilai-nilai minimum dan maksimum dapat disimpulkan pada Tabel 4.1 berikut:

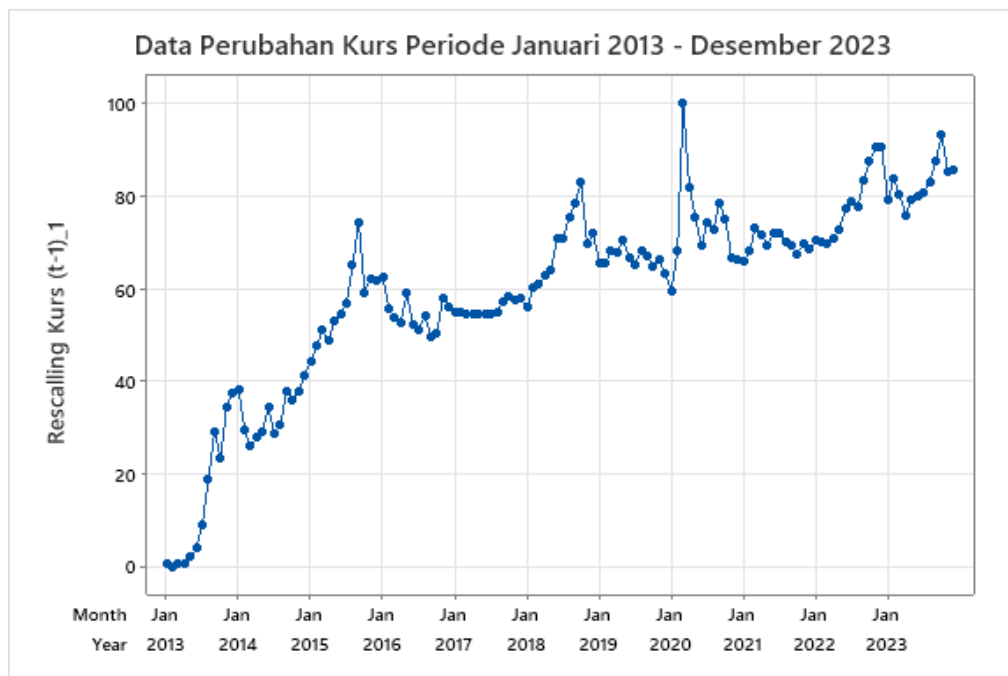
Tabel 4.1 Nilai Minimum dan Nilai Maksimum Data

Variabel	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Inflasi	1,32%	8,79%
Kurs	Rp9.667,00	Rp16.367,00
Tingkat Suku Bunga	3,5%	7,75%

Dari tabel 4.1, terlihat bahwa variabel inflasi dan tingkat suku bunga memiliki satuan persen (%) dan variabel kurs memiliki satuan Rupiah (Rp). Sehingga pada penelitian ini, hanya perlu mengubah satuan pada variabel kurs saja. Kemudian dengan menggunakan persamaan (2.1) dan nilai pada Tabel 4.1 diperoleh persamaan untuk *rescaling* kurs sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 x_t^* &= \frac{x_t - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \times 100\% \\
 &= \frac{9.698 - 9.667}{16.367 - 9.667} \times 100\%
 \end{aligned}$$

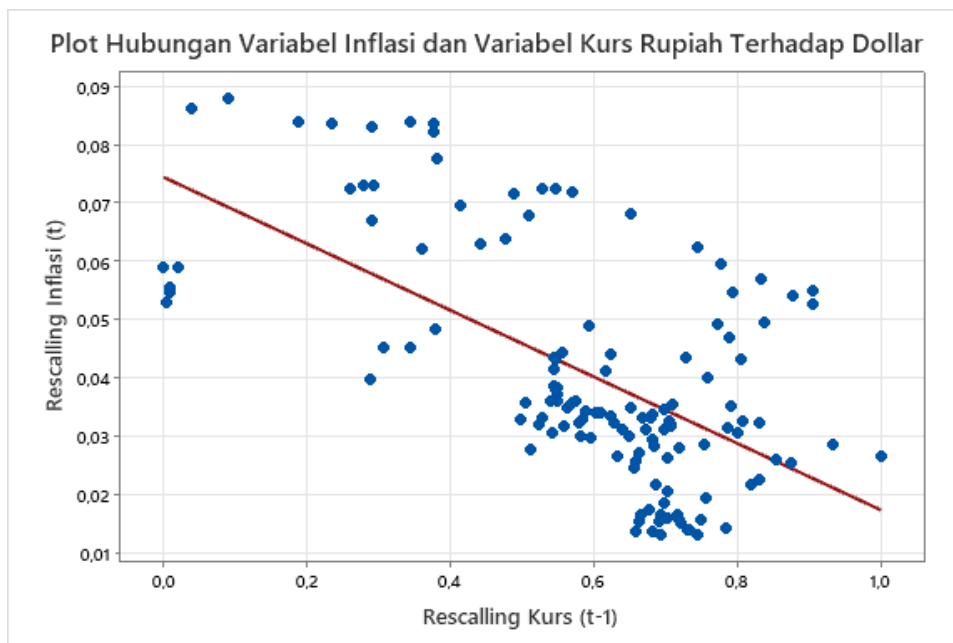
sehingga didapatkan hasil *rescaling* untuk variabel kurs, dapat dilihat pada Lampiran 2. *Scatter plot* dari hasil *rescaling* kurs adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Plot Data Hasil *Rescaling* Kurs

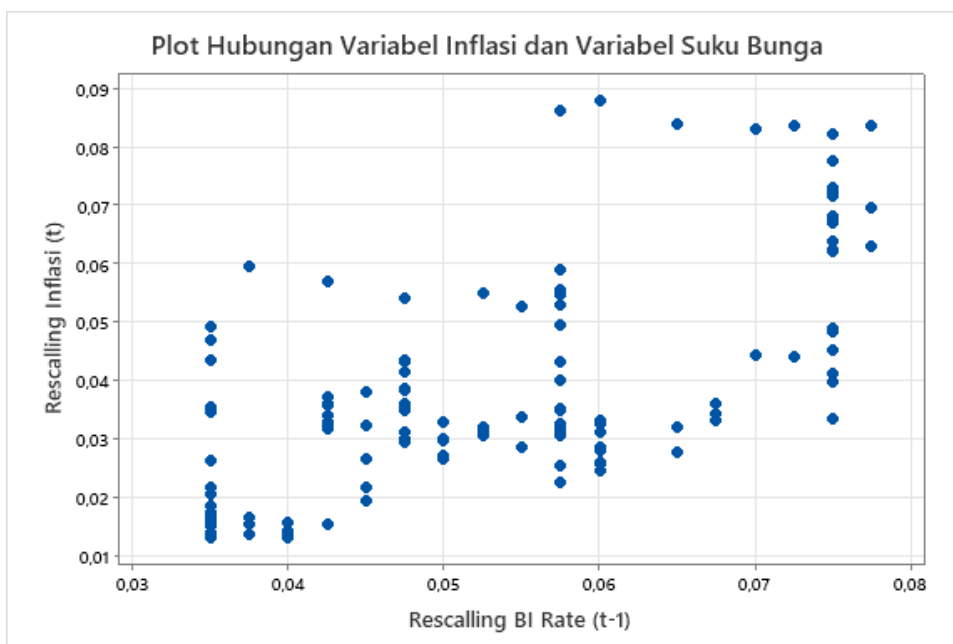
Setelah dilakukan *rescaling* data, maka satuan kurs berubah menjadi persen (%), terlihat pada Gambar 4.4. Sehingga data inflasi, kurs, dan tingkat suku bunga yang digunakan dalam penelitian ini memiliki satuan yang sama, yaitu persen.

Selanjutnya akan diselidiki pola hubungan antara variabel inflasi dengan variabel kurs dan tingkat suku bunga yang bertujuan untuk mengetahui komponen parametrik dan nonparametrik sebagaimana gambar-gambar dibawah ini:



Gambar 4.5 Plot Hubungan Inflasi dengan Kurs

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa pola hubungan antara variabel kurs dan variabel inflasi membentuk pola yang terstruktur dan garis merah menunjukkan adanya hubungan yang linier.



Gambar 4.6 Plot Hubungan Inflasi dengan Tingkat Suku Bunga

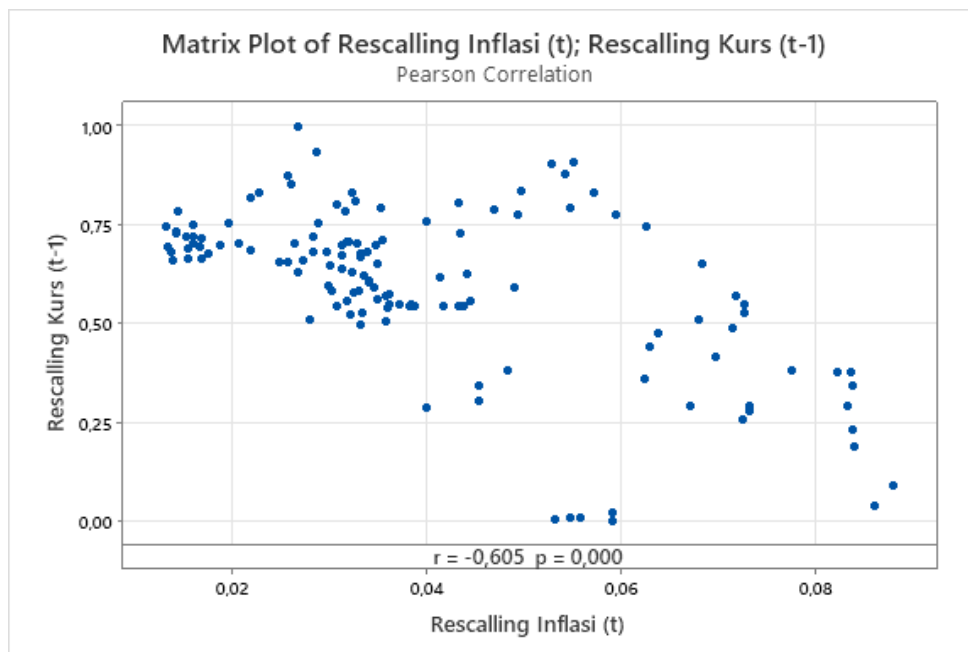
Berbeda dengan Gambar 4.6, dapat dilihat bahwa pola hubungan antara tingkat suku bunga dan inflasi tidak memiliki pola yang terstruktur dan lebih tersebar.

Berdasarkan Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, diketahui bahwa hubungan variabel kurs dan inflasi lebih cocok dianalisis dengan menggunakan pendekatan regresi parametrik karena pada plot yang dihasilkan diasumsikan memiliki pola hubungan yang linier sehingga dapat dijelaskan dengan model regresi parametrik. Sedangkan hubungan variabel tingkat suku bunga dan inflasi lebih cocok dianalisis menggunakan pendekatan regresi nonparametrik karena pada plot yang dihasilkan tidak linier dan tidak membatasi bentuk fungsi regresi. Selain itu, regresi nonparametrik juga tidak memerlukan asumsi tentang bentuk atau pola yang dihasilkan.

Untuk mengetahui signifikansi hubungan antar variabel di atas, maka diperlukan uji korelasi Pearson. Dengan menggunakan uji korelasi ini, maka akan membantu menarik kesimpulan mengenai seberapa kuat hubungan antar variabel yang akan diteliti.

4.1.3 Uji Korelasi Pearson

Penggunaan uji korelasi Pearson di sini bertujuan untuk mengetahui seberapa signifikan hubungan antara variabel inflasi, variabel kurs, dan variabel tingkat suku bunga. Dengan menggunakan persamaan (2.2), didapatkan hasil sebagai berikut:



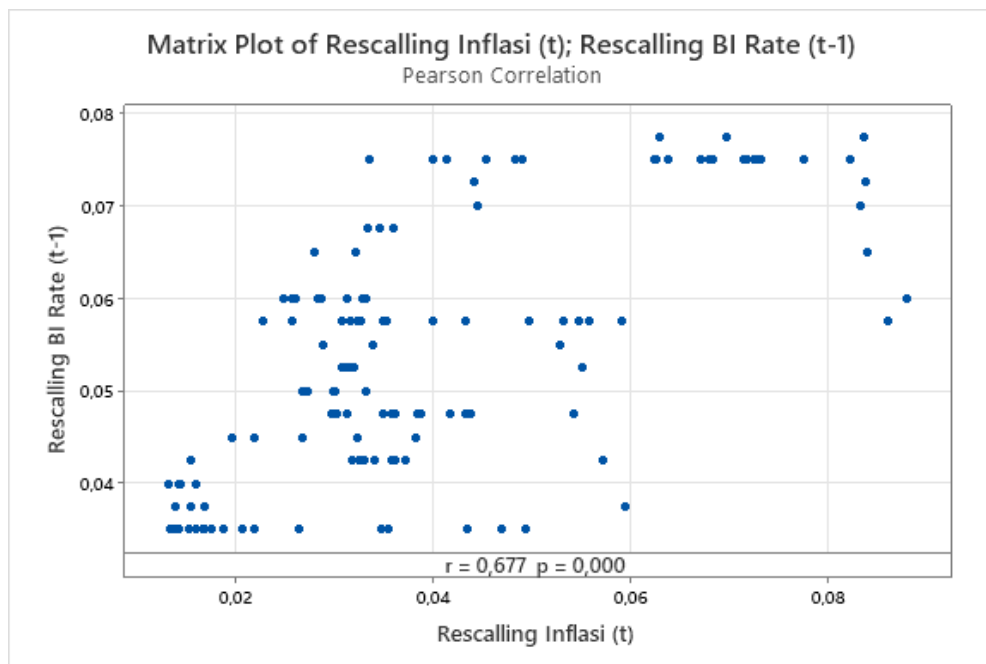
Gambar 4.7 Plot Uji Korelasi Pearson Antara Inflasi dengan Kurs

Untuk menganalisis uji korelasi Pearson dari Gambar 4.7, dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : r = 0$ (tidak ada hubungan antara inflasi dan kurs)

$H_1 : r \neq 0$ (ada hubungan antara inflasi dan kurs)

Dari Gambar 4.7, diketahui nilai koefisien korelasi yang diperoleh sebesar $-0,605$ dan P -Value sebesar $0,000$ yang lebih kecil dari nilai signifikansi *error* yaitu $\alpha = 0,05$. Hal ini berarti menolak H_0 dan menerima H_1 . Artinya antara variabel inflasi dan kurs memiliki hubungan yang signifikan. Nilai koefisien korelasi yang diperoleh tersebut memiliki tingkat keamatan hubungan yang kuat berdasarkan Tabel 2.1. Nilai koefisien korelasi tersebut juga memiliki arah hubungan kedua variabel yang tidak searah (negatif). Hal itu berarti jika inflasi mengalami kenaikan maka kurs mengalami penurunan, begitupun sebaliknya.



Gambar 4.8 Plot Uji Korelasi Pearson Antara Inflasi dengan Tingkat Suku Bunga

Selanjutnya dirumuskan hipotesis untuk menganalisis uji korelasi Pearson pada Gambar 4.8 sebagai berikut:

$H_0 : r = 0$ (tidak ada hubungan antara inflasi dan tingkat suku bunga)

$H_1 : r \neq 0$ (ada hubungan antara inflasi dan tingkat suku bunga)

Dari Gambar 4.8, diketahui nilai koefisien korelasi yang diperoleh sebesar 0,677 dan *P-Value* sebesar 0,000 yang lebih kecil dari nilai signifikansi *error* yaitu $\alpha = 0,05$. Hal ini berarti menolak H_0 dan menerima H_1 . Artinya antara variabel inflasi dan tingkat suku bunga memiliki hubungan yang signifikan. Nilai koefisien korelasi yang diperoleh tersebut memiliki tingkat keeratan hubungan yang kuat berdasarkan Tabel 2.1. Nilai koefisien korelasi tersebut juga memiliki arah hubungan kedua variabel yang searah (positif). Hal ini berarti jika inflasi mengalami kenaikan maka tingkat suku bunga juga mengalami kenaikan, begitupun sebaliknya.

Berdasarkan Gambar 4.7 dan Gambar 4.8, diketahui bahwa *P-Value* kurang dari nilai signifikansi *error*, sehingga dapat disimpulkan bahwa antara variabel inflasi dengan variabel kurs dan tingkat suku bunga memiliki hubungan yang signifikan. Adanya hubungan tersebut memiliki tingkat keeratan yang kuat karena koefisien korelasi berada dalam kisaran nilai antara 0,6 hingga 0,8.

4.2 Pemodelan Regresi Semiparametrik

4.2.1 Penentuan Model Regresi Semiparametrik

Pada penelitian ini, proses estimasi regresi semiparametrik dilakukan secara bersamaan. Fungsi nonparametrik yang tidak diketahui pada komponen nonparametrik (tingkat suku bunga terhadap inflasi) didekati dengan menggunakan estimator *Nadaraya-Watson* dengan kernel fungsi *Gaussian*. Selanjutnya mengestimasi parameter pada komponen parametrik secara OLS. Dalam memodelkan inflasi pada periode saat ini, perlu mengetahui data kurs dan tingkat suku bunga di periode sebelumnya. Dengan demikian, diperoleh persamaan model semiparametrik sesuai persamaan (2.5) sebagai berikut.

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t-1} + f(z_{t-1}) + \varepsilon_t \text{ untuk } t = 2, 3, \dots, n \quad (4.1)$$

di mana:

- y_t : Variabel inflasi pada data ke- t ,
- x_{t-1} : Variabel kurs pada data ke- $t - 1$,
- β_0 dan β_1 : Parameter parametrik,
- $f(z_{t-1})$: Fungsi regresi nonparametrik yang tidak diketahui bentuknya,
- z_{t-1} : Variabel tingkat suku bunga pada data ke- $t - 1$,

ε_t : *Error* pada data ke- t .

Setelah menentukan model regresi semiparametrik di atas, akan dilanjutkan dengan mengestimasi fungsi nonparametrik, sehingga dapat memperoleh fungsi nonparametrik yang tidak diketahui dengan pendekatan estimator *Nadaraya-Watson*.

4.2.2 Estimasi Semiparametrik Kernel

Model regresi semiparametrik pada persamaan (4.1), jika dituliskan dalam bentuk matriks akan menjadi:

$$Y = X\beta + f(Z) + \varepsilon \quad (4.2)$$

dengan Y adalah vektor respons (inflasi),

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

X adalah matriks prediktor komponen parametrik (kurs),

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ 1 & x_3 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_n \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

β adalah vektor parameter komponen parametrik,

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

$f(Z)$ adalah matriks prediktor komponen nonparametrik (tingkat suku bunga),

$$f(Z) = \begin{bmatrix} f(z_1) \\ f(z_2) \\ f(z_3) \\ \vdots \\ f(z_n) \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

dan ε adalah vektor *error*,

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

Persamaan (4.6) diestimasi menggunakan estimator *Nadaraya-Watson* dengan kernel fungsi *Gaussian*, sesuai persamaan (2.13), sebagai berikut:

$$\widehat{f}(z_t) = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z_t - z_k}{h}\right)^2\right) y_k^*}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z_t - z_k}{h}\right)^2\right)} \quad (4.8)$$

dengan

$$y_k^* = y_k - X_k \beta \quad (4.9)$$

Persamaan (4.8) dapat disederhanakan sesuai persamaan (2.21), sebagai berikut:

$$\widehat{f}(z_t) = \sum_{k=1}^n W_{hk}(z_k) y_k^* \quad (4.10)$$

$$\text{dengan } W_{hk}(z_k) = \frac{K\left(\frac{z_t - z_k}{h}\right)}{\sum_{k=1}^n K\left(\frac{z_t - z_k}{h}\right)}$$

Persamaan (4.2) mengandung dua komponen yaitu komponen parametrik ($X\beta$) dan komponen nonparametrik ($f(Z)$). Pada komponen parametrik terdapat

parameter β , namun pada komponen nonparametrik yang didekati dengan menggunakan estimator *Nadaraya-Watson* dan kernel fungsi *Gaussian* tidak memiliki parameter. Secara umum, model regresi nonparametrik telah dijelaskan pada persamaan (2.4) dengan fungsi $f(z_{t-1})$ yang tidak diketahui. Karena tidak diketahui, maka perlu pendekatan estimator *Nadaraya-Watson*. Pada estimator *Nadaraya-Watson*, $K(\cdot)$ merupakan fungsi kernel dan h merupakan *bandwidth*.

Bentuk dari matriks $f(Z)$ pada persamaan (4.6) yang tidak diketahui fungsinya, dengan pendekatan estimator *Nadaraya-Watson* sesuai dengan persamaan (2.21) dan kernel fungsi *Gaussian* pada persamaan (2.7) maka bentuknya akan berupa matriks sebagai berikut:

$$\widehat{f}(Z) = \begin{bmatrix} W_{h_1}(z_1)y_1^* + W_{h_2}(z_1)y_2^* + \dots + W_{h_m}(z_1)y_n^* \\ W_{h_1}(z_2)y_1^* + W_{h_2}(z_2)y_2^* + \dots + W_{h_m}(z_2)y_n^* \\ \vdots \\ W_{h_1}(z_n)y_1^* + W_{h_2}(z_n)y_2^* + \dots + W_{h_m}(z_n)y_n^* \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

Selanjutnya dapat ditulis menjadi:

$$\widehat{f}(Z) = \begin{bmatrix} W_{h_1}(z_1) & W_{h_1}(z_2) & \dots & W_{h_1}(z_n) \\ W_{h_2}(z_1) & W_{h_2}(z_2) & \dots & W_{h_2}(z_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{h_m}(z_1) & W_{h_m}(z_2) & \dots & W_{h_m}(z_n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1^* \\ y_2^* \\ \vdots \\ y_n^* \end{bmatrix}$$

dalam notasi matriks dapat ditulis menjadi:

$$\widehat{f}(Z) = W Y^* \quad (4.12)$$

Setelah didapatkan pendekatan fungsi pada komponen nonparametrik, maka model semiparametrik pada persamaan (4.1) akan menjadi:

$$Y = X\beta + WY^* + \varepsilon \quad (4.13)$$

Selanjutnya akan dilakukan estimasi semiparametrik kernel. Untuk memperoleh estimator $\hat{\beta}$, akan dilakukan dengan metode OLS. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengubah persamaan (4.13) menjadi:

$$\begin{aligned}
\varepsilon &= Y - X\beta - WY^* \\
&= Y - X\beta - W(Y - X\beta) \\
&= Y - X\beta - WY + WX\beta \\
&= (I - W)Y - (I - W)X\beta \\
&= (I - W)(Y - X\beta) \\
&= A(Y - X\beta)
\end{aligned} \tag{4.14}$$

Langkah selanjutnya yaitu meminimumkan *error* pada persamaan (4.14) dengan menggunakan OLS sesuai dengan persamaan (2.22) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 &= \varepsilon^T \varepsilon \\
&= [A(Y - X\beta)]^T [A(Y - X\beta)] \\
&= [Y^T A^T - \beta^T X^T A^T] [AY - AX\beta] \\
&= Y^T A^T AY - Y^T A^T AX\beta - \beta^T X^T A^T AY + \beta^T X^T A^T AX\beta \\
&= Y^T A^T AY - (Y^T A^T AX\beta)^T - \beta^T X^T A^T AY + \beta^T X^T A^T AX\beta \\
&= Y^T A^T AY - 2\beta^T X^T A^T AY + \beta^T X^T A^T AX\beta
\end{aligned} \tag{4.15}$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan turunan pertama dari persamaan dan disamakan dengan nol

$$\begin{aligned}
\frac{\partial(\varepsilon^T \varepsilon)}{\partial \beta} &= \frac{\partial}{\partial \beta} (Y^T A^T AY - 2\beta^T X^T A^T AY + \beta^T X^T A^T AX\beta) \\
&= -2X^T A^T AY + 2X^T A^T AX\beta \\
0 &= -2Y^T A^T AX\beta + 2X^T A^T AX\beta \\
X^T A^T AX\beta &= X^T A^T AY \\
\hat{\beta} &= (X^T A^T AX)^{-1} X^T A^T AY
\end{aligned} \tag{4.16}$$

Substitusi persamaan (4.16) pada persamaan (4.13) diperoleh model estimasi semiparametrik sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\widehat{Y} &= X \widehat{\beta} + W Y^* \\
&= X \widehat{\beta} + W (Y - X \widehat{\beta}) \\
&= X \widehat{\beta} + W Y - W X \widehat{\beta} \\
&= (X - W X) \widehat{\beta} + W Y \\
&= (X - W X) (X^T A^T A X)^{-1} X^T A^T A Y + W Y \\
&= \left((X - W X) (X^T A^T A X)^{-1} X^T A^T A + W \right) Y \\
&= M Y
\end{aligned} \tag{4.17}$$

di mana M merupakan matrik *hat* untuk Y ,

$$M = (X - W X) (X^T A^T A X)^{-1} X^T A^T A + W \tag{4.18}$$

Untuk memperoleh model regresi semiparametrik kernel, maka harus mencari nilai *bandwidth* untuk komponen nonparametrik dan nilai $\widehat{\beta}$ untuk komponen parametrik terlebih dahulu. Untuk mencari nilai *bandwidth* yang optimum dan nilai $\widehat{\beta}$ tersebut, dilakukan menggunakan bantuan *software R-Studio*.

4.2.3 Pemilihan *Bandwidth* Optimum dan Nilai Parameter β

Model regresi semiparametrik kernel dapat dibentuk setelah memperoleh nilai *bandwidth* optimum dan nilai $\widehat{\beta}$. Pemilihan *bandwidth* yang optimum menjadi bagian terpenting dalam komponen nonparametrik dalam melakukan pemulusan kurva regresi. Jika *bandwidth* yang dipilih terlalu besar, maka akan menghasilkan kurva regresi yang terlalu mulus (*over-smoothing*). Sebaliknya, jika *bandwidth* yang dipilih terlalu kecil, maka kurva regresi yang dihasilkan akan menjadi terlalu kasar (*under-smoothing*). Tingkat kemulusan suatu kurva regresi lebih dipengaruhi oleh pemilihan *bandwidth* daripada pemilihan fungsi kernel. Mencari GCV yang

minimum adalah salah satu metode yang digunakan untuk pemilihan *bandwidth* optimal.

Dalam pemilihan *bandwidth* yang optimal ini, dilakukan secara *trial and error*. Pada percobaan pertama, dilakukan diantara nilai 1 sampai 10 dengan selisih 1 disetiap nilainya, diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.2 *Bandwidth* Percobaan Pertama

<i>Bandwidth</i> (h)	GCV	<i>Bandwidth</i> (h)	GCV
1	0.02497592	6	0.02497829
2	0.02497775	7	0.02497831
3	0.02497809	8	0.02497832
4	0.02497820	9	0.02497833
5	0.02497826	10	0.02497833

Pada tabel 4.2, terlihat bahwa nilai GCV yang dihasilkan tidak jauh berbeda satu sama lain dan nilai GCV yang dihasilkan masih tinggi. Sehingga perlu dicoba di nilai *bandwidth* yang lain. Percobaan yang dilakukan secara berulang untuk memperoleh GCV minimum dengan perbandingan antar nilai yang signifikan, maka didapatkan *bandwidth* optimal pada pengujian yang dimulai dari nilai 0,00008 sampai 0,00728 dengan selisih 0,0008 disetiap nilainya. Berikut merupakan nilai GCV yang dihasilkan, selengkapnya pada Lampiran 3:

Tabel 4.3 Nilai *Bandwidth* Optimum

<i>Bandwidth</i> (h)	GCV
0,00008	0.019
0,00088	0.018
0,00408	0.017

Pada Tabel 4.3, dapat dilihat bahwa dari beberapa *bandwidth* yang telah diuji, nilai GCV yang terkecil yaitu sebesar 0,017 berada pada nilai *bandwidth* 0,00408. Sehingga diperoleh nilai *bandwidth* (h) optimal dengan fungsi kernel *Gaussian* yaitu 0,00408 yang digunakan dalam mendapatkan model regresi semiparametrik kernel nantinya.

Setelah mendapatkan nilai *bandwidth* optimal yang diperoleh dari nilai GCV yang terkecil, maka selanjutnya akan di cari nilai dari $\hat{\beta}$ dengan menggunakan persamaan (4.16), didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.4 Nilai Parameter Beta

β_0	β_1
0	- 0,03168

Pada tabel 4.4, nilai β_0 sebesar 0 yang berarti bahwa jika variabel prediktor komponen parametrik yaitu kurs tidak mengalami perubahan, maka nilai variabel respon yaitu inflasi yang di prediksi sebesar $\beta_0 = 0$. Berbeda dengan nilai β_1 sebesar -0,03168 yang berarti bahwa ada hubungan yang negatif antara kurs dan inflasi. Dengan kata lain, jika kurs mengalami kenaikan sebesar 1 satuan yaitu persen, maka inflasi mengalami penurunan sebesar $\beta_1 = -0,03168$. Ini sesuai dengan hasil uji korelasi Pearson yang telah dianalisis pada sub-bab sebelumnya.

Dengan estimasi tiap komponen yang telah diperoleh, baik yang bersifat parametrik maupun yang bersifat nonparametrik, dapat disusun model regresi semiparametrik kernel. Dengan mengintegrasikan kedua komponen tersebut, maka model regresi semiparametrik kernel yang dihasilkan akan mampu memberikan estimasi yang lebih akurat dan dapat menjelaskan hubungan antar variabel yang dianalisis.

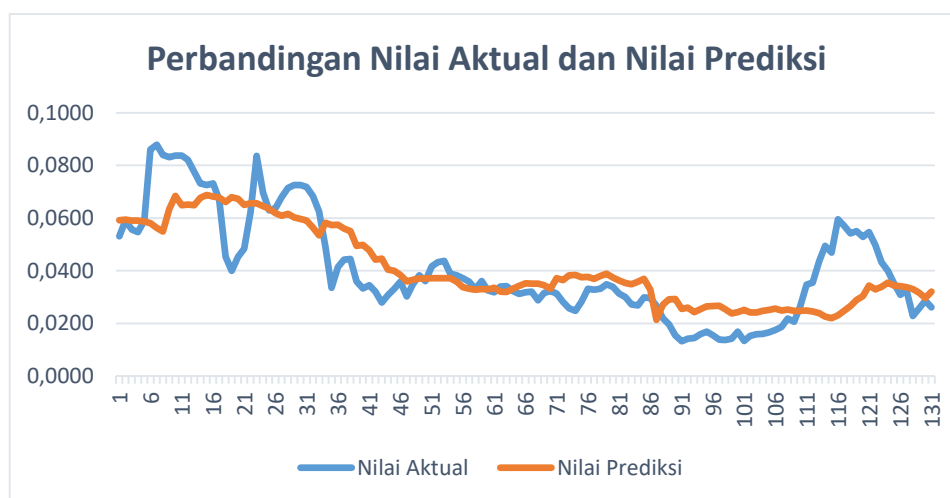
4.2.4 Pembentukan Model Regresi Semiparametrik Kernel

Pembentukan model regresi semiparametrik pada penelitian ini menggunakan estimator *Nadaraya-Watson* dan pendekatan fungsi kernel *Gaussian*. Selanjutnya, nilai *bandwidth* dan nilai $\hat{\beta}$ yang sudah diperoleh sebelumnya disubstitusikan ke dalam persamaan (4.1), sehingga menghasilkan model sebagai berikut:

$$y_t = -0,03168x_{t-1} + \frac{\sum_{k=1}^{131} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z_{t-1} - z_k}{0,00408}\right)^2\right) (y_k - 0,03168x_k)}{\sum_{k=1}^{131} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z_{t-1} - z_k}{0,00408}\right)^2\right)} \quad (4.19)$$

dengan t adalah indeks data untuk $t = 2, 3, \dots, 132$; k adalah indeks data *time series* nonparametrik untuk $k = 1, 2, \dots, 131$; nilai β_1 yaitu $-0,03168$; dan nilai *bandwidth* optimum (h) yang telah diperoleh sebelumnya yaitu $0,00408$.

Dengan demikian, model yang diperoleh merupakan model regresi semiparametrik kernel terbaik berdasarkan nilai *bandwidth* optimal yang dipilih dan nilai parameter β . Berdasarkan persamaan model terbaik tersebut nilai perbandingan inflasi dari data aktual dengan data prediksi dapat ditampilkan pada Lampiran 4 sebagaimana pada Gambar 4.9:



Gambar 4.9 Plot Perbandingan Data Aktual dengan Data Prediksi

Pada Gambar 4.9, model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* yang diperoleh menghasilkan *error* yang mendekati 0, selengkapnya ada pada Lampiran 4. *Error* yang mendekati 0 menandakan bahwa prediksi model hampir sempurna cocok dengan data aktual. Namun terlihat pada Gambar 4.9 di atas, pemodelan inflasi dengan menggunakan regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* lebih cocok digunakan pada data inflasi yang normal atau stabil.

Setelah didapatkan model terbaik pada persamaan (4.19), perlu dilakukan evaluasi seberapa efektif model tersebut dalam menjelaskan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor. Evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa model yang dihasilkan memberikan hasil yang akurat.

4.3 Evaluasi Keakuratan Model Terbaik Regresi Semiparametrik Kernel

Pada penelitian ini, untuk mengevaluasi model terbaik yang telah diperoleh menggunakan MAPE pada persamaan (2.29) diperoleh hasil sebagai berikut, selengkapnya ada pada Lampiran 5.

$$\begin{aligned} MAPE &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100\% \\ &= 27,86\% \end{aligned}$$

Nilai MAPE yang diperoleh sebesar 27,86%, hasil tersebut dikategorikan memiliki tingkat keakuratan prediksi yang wajar atau cukup baik karena bernilai diantara 20% hingga 50% sesuai Tabel 2.3.

Pada penelitian ini juga menetapkan *Alpha Cronbach* yaitu sebesar 30%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan MAPE sebesar 27,86% tersebut dapat diterima. Dengan demikian, model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-*

Watson dengan fungsi *Gaussian* memiliki tingkat prediksi yang cukup baik dalam menjelaskan hubungan antara inflasi yang dipengaruhi oleh kurs mata uang Rupiah terhadap US Dollar dan tingkat suku bunga. Namun model tersebut belum sepenuhnya baik dalam menyelesaikan suatu permasalahan dalam konteks keuangan.

4.4 Implementasi Model Untuk Memprediksi Inflasi

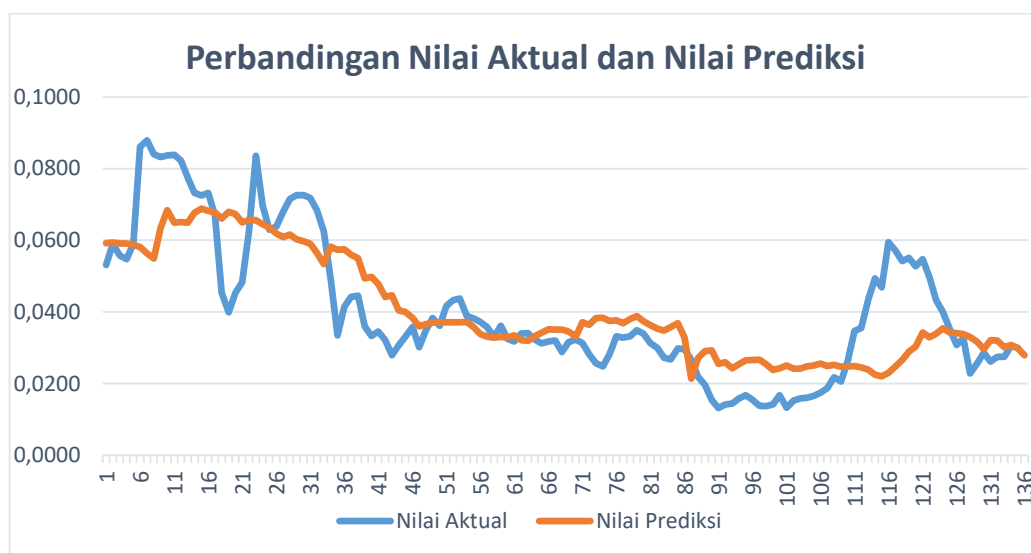
Pada subbab sebelumnya, telah didapatkan model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson*, sehingga dapat dilakukan prediksi atau perkiraan untuk satu bulan ke depan yakni bulan Mei 2024 yang belum diketahui data aktualnya. Pada penelitian ini, digunakan pula data *testing* dari bulan Januari 2024 sampai April 2024 untuk memperoleh nilai prediksi di bulan tersebut.

Prediksi inflasi pada bulan Mei 2024 dengan menggunakan persamaan (4.18) dan bantuan *software Excel*, diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil Prediksi Inflasi

Bulan	Data Aktual	Prediksi Inflasi	Prediksi Inflasi (%)
Januari 2024	0,0275	0,0320	3,2%
Februari 2024	0,0275	0,0302	3,02%
Maret 2024	0,0305	0,0308	3,08%
April 2024	0,0300	0,0299	2,99%
Mei 2024	Belum diketahui	0,0279	2,79%

Berdasarkan Tabel 4.4, maka diperoleh prediksi inflasi pada satu bulan ke depan, yakni pada bulan Mei 2024. Terlihat bahwa prediksi yang dihasilkan mengalami penurunan walaupun tidak signifikan. Berikut merupakan plot yang perbandingan nilai aktual dan nilai prediksi periode Februari 2013 sampai Mei 2024:



Gambar 4.10 Plot Perbandingan Nilai Aktual dan Nilai Hasil Prediksi

Gambar 4.10 merupakan perbandingan nilai aktual dan nilai prediksi periode Januari 2013 sampai Mei 2024. Hasil plot yang diperoleh dari model sudah hampir mendekati data aktual, namun belum sepenuhnya sempurna.

4.5 Implementasi Model dalam Pandangan Islam

Dengan adanya pemodelan yang telah diuraikan di atas, maka inflasi dapat di kendalikan. Inflasi merupakan suatu fenomena ekonomi yang sangat kompleks. Inflasi ini seringkali dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu tingkat suku bunga dan kurs mata uang. Jika suku bunga dinaikkan oleh bank sentral, maka biaya pinjaman menjadi meningkat. Sehingga konsumen dapat mengurangi pengeluaran mereka, yang akhirnya dapat membantu mengendalikan laju inflasi. Di sisi lain, perubahan

kurs mata uang Rupiah terhadap Dollar yang meningkat dapat menyebabkan naiknya harga impor. Sehingga harga barang mengalami kenaikan pula. Hal ini memicu inflasi mengalami suatu peningkatan. Oleh karena itu, kebijakan moneter yang menaikkan suku bunga dan menjaga stabilitas kurs mata uang dapat mengendalikan laju inflasi dan menekan sikap boros dan konsumtif masyarakat.

Sebagai seorang Muslim, kita haruslah memahami bagaimana menghindari perilaku boros dalam Islam. Beberapa cara yang bisa diambil untuk menghindari perilaku tersebut antara lain (Izzaturrahim, dkk., 2020):

1. Memberikan pendidikan dasar kepada keluarga tentang pemahaman bahwa perilaku pemborosan dianggap sebagaimana saudara setan. Konsep ini bisa ditanamkan oleh orang tua kepada anak-anak sejak usia dini, sehingga mereka terbiasa untuk menjaga diri dari perilaku boros.
2. Mengingat bahwa segala harta adalah anugerah dari Allah SWT. dan merupakan tanggung jawab yang diberikan-Nya kepada kita. Dengan demikian, kita diharuskan menggunakan harta tersebut sebaik mungkin dan tidak menghambur-hamburkannya.
3. Prinsip dalam Islam menyatakan bahwa dalam harta seorang Muslim juga terdapat hak orang lain. Manusia adalah makhluk yang hidup secara sosial dan senantiasa memerlukan bantuan dari orang lain dalam menjalani kehidupannya. Oleh karena itu, kekayaan yang kita miliki sebenarnya juga merupakan hak orang lain yang kita peroleh melalui tindakan seperti membantu korban bencana alam, memberikan infaq, dan sejenisnya.

4. Menumbuhkan rasa simpati dan empati terhadap sesama Muslim. Semangat saling membantu yang ditanamkan sejak dini akan terus membimbing seseorang agar terhindar dari perilaku boros.
5. Memiliki sikap bersyukur terhadap segala nikmat yang diberikan, sehingga dapat mencegah seseorang dari perilaku boros. Dengan kita memiliki sikap syukur, maka kita akan menggunakan harta kita sesuai kebutuhan kita.
6. Mengedepankan sikap qana'ah, yakni merasa cukup dengan apa yang dimiliki, sehingga dorongan hawa nafsu terhadap kepemilikan harta dapat terus dikendalikan.

Adapun menurut Al-Qardhawi dalam Ridwan & Andriyanto (2019), tindakan-tindakan yang dapat menghindarkan seseorang dari perilaku boros sebagai berikut:

1. Menghindari berhutang tanpa kebutuhan mendesak, terutama hanya untuk kesenangan semata. Seorang Muslim harus mengatur keseimbangan antara pendapatan dan kebutuhan untuk menghindari berhutang kepada orang lain. Hutang memiliki dampak negatif yang luas, tidak hanya bagi peminjamnya, tetapi juga bagi masyarakat secara keseluruhan.
2. Merawat aset utama yang dimiliki agar dapat memenuhi kebutuhan di masa depan. Aset utama ini termasuk rumah, tanah, lahan pertanian, kebun, dan lain-lain yang dimiliki secara pribadi. Pemilik aset sebaiknya tidak menjualnya kecuali dalam situasi yang mendesak atau memaksa.
3. Menghindari gaya hidup yang berlebihan dan memilih untuk menjalani kehidupan dengan sederhana sesuai dengan kapasitas individu masing-masing. Al-Qur'an mengingatkan umatnya untuk tidak hidup dalam

kemewahan yang hanya memberikan kenikmatan sementara. Sebab, semua yang dimiliki hanyalah amanah dari Allah SWT.

Pemborosan adalah salah satu larangan dalam Islam. Pada akhirnya, segala bentuk pemborosan yang disebutkan dalam Al-Qur'an, hadis-hadis, dan pandangan para ulama harus dihindari. Tujuannya jelas untuk menghindari dampak negatif dari perilaku boros yang dapat membuat seseorang bersekutu dengan setan. Selain itu, sifat boros juga menjadi salah satu penyebab inflasi mengalami kenaikan. Dengan adanya pemodelan dari inflasi ini, diharapkan mampu mengendalikan masyarakat untuk melanggar larangan Islam, yaitu memiliki sifat boros dalam hidup.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* pada data inflasi beserta faktor Kurs Rupiah terhadap US Dolar dan tingkat suku bunga yang mempengaruhinya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Model terbaik regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* pada faktor Kurs Rupiah terhadap US Dollar dan tingkat suku bunga yang mempengaruhi inflasi, pada komponen nonparametrik diperoleh pada *bandwidth* optimum sebesar $h = 0,00408$ dengan nilai GCV minimum sebesar 0,017. Sementara pada komponen parametrik nilai parameter β_1 diperoleh sebesar $-0,03168$. Sehingga diperoleh model terbaik regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* sebagai berikut:

$$y_t = -0,03168x_{t-1} + \frac{\sum_{k=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z_{t-1} - z_k}{0,00408}\right)^2\right) (y_k - 0,03168x_k)}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z_{t-1} - z_k}{0,00408}\right)^2\right)}$$

Model terbaik tersebut cocok untuk data inflasi yang perubahan tiap periodenya masih stabil atau perubahannya tidak signifikan.

2. Hasil evaluasi keakuratan model terbaik regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* diperoleh nilai MAPE sebesar 27,86%. Hasil MAPE tersebut bernilai diantara 20% hingga 50% sehingga dikatakan cukup baik. Hasil MAPE tersebut juga lebih kecil dari penetapan *Alpha Cronbach* sebesar

30% yang berarti model tersebut dapat diterima. Namun, dalam konteks keuangan, model yang dihasilkan belum sepenuhnya baik digunakan.

3. Berdasarkan hasil pemodelan regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* yang diperoleh sebelumnya, didapatkan hasil prediksi inflasi pada satu bulan ke depan yakni bulan Mei 2024 sebesar 2,79%. Pada hasil prediksi yang diperoleh mengalami penurunan walaupun tidak signifikan.

5.2 Saran

Dengan adanya penelitian ini, peneliti memberikan saran yang diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pemahaman lebih lanjut mengenai topik yang dibahas dalam skripsi ini. Saran ini ditujukan untuk memberikan pandangan dan rekomendasi yang dapat diimplementasikan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan estimator *Nadaraya-Watson*. Untuk penelitian selanjutnya disarankan mempertimbangkan penggunaan estimator kernel yang lain, seperti *Priestly-Chao*, *Gasser-Muller*, dan lainnya untuk pemodelan regresi semiparametrik kernel.
2. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan fungsi kernel *Gaussian*. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan mempertimbangkan penggunaan fungsi kernel yang lain, seperti fungsi kernel *Epanechnikov*, *Triweight*, *Cosinus*, *Uniform*, dan lainnya untuk pemodelan regresi semiparametrik kernel.
3. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode OLS untuk mengestimasi parameter parametrik. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan mempertimbangkan penggunaan metode estimasi yang lain, seperti *Weighted*

Least Square (WLS), *Maximum Likelihood Estimation (MLE)*, dan lainnya untuk pemodelan regresi semiparametrik kernel.

4. Berdasarkan hasil penelitian, model regresi semiparametrik kernel *Nadaraya-Watson* dapat digunakan untuk menentukan tingkat suku bunga dan menstabilkan kurs mata uang dalam kebijakan moneter. Dengan demikian, inflasi dapat dikendalikan untuk mencapai target bulanan atau tahunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksu, G., Guzeller, C. O., & Eser, M. T. (2019). The Effect Of The Normalization Method Used In Different Sample Sizes On The Success Of Artificial Neural Network Model. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(2), 170–192. <https://doi.org/10.21449/ijate.479404>
- Apriani, M. S. (2015). Estimator Nadaraya-Watson Dengan Kernel Orde Berhingga Dan Tak Hingga. *Jurnal Penelitian*, 18(2), 157–164.
- Az-Zuhaili, P. D. W. (2003). *Tafsir Al-Munir Akidah Syari'ah Manhaj (Al-Israa' -Thaahaa) Juz 15 & 16* (8 ed.). Gema Insani.
- Aziz, A. (2010). *Ekonometrika Teori & Praktik Eksperimen Dengan MATLAB*. UIN Maliki Press.
- Budiantara, I. N. (2000). Metode U, GML, CV, Dan GCV Dalam Regresi Nonparametrik Spline. *Majalah Ilmiah Himpunan Matematika Indonesia (MIHMI)*, 6, 285–290.
- Budiantara, I. N. (2011). Penelitian Bidang Regresi Spline Menuju Terwujudnya Penelitian Statistika Yang Mandiri Dan Berkarakter. *Seminar Nasional FMIPA Undiksha*.
- 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.
- Dewi, R. K., & Budiantara, I. N. (2012). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Angka Gizi Buruk Di Jawa Timur Dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), 177–182.
- Era, Rizki, S. W., & Yundari. (2022). Pemodelan Indeks Harga Saham Gabungan Dengan Model Regresi Semiparametrik Kernel. *Journal of Mathematical and Statistical Sciences (EJMSS)*, 1(1).
- Eubank, R. L. (1998). *Spline Smoothing And Nonparametric Regression*. Marcel Dekker.
- Eubank, R. L. (1999). *Nonparametric Regression And Spline Smoothing* (2 ed., Vol. 157). Marcel Dekker, Inc.
- Farida, Y., Purwanti, I., & Ulinnuha, N. (2022). Comparing Gaussian And Epanechnikov Kernel Of Nonparametric Regression In Forecasting ISSI (Indonesia Sharia Stock Index). *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 16(1), 323–332. <https://doi.org/10.30598/barekengvol16iss1pp321-330>
- Halim, S., & Bisono, I. (2006). Fungsi Fungsi Kernel Pada Metode Regresi Nonparametrik Dan Aplikasinya Pada Priest River Experimental Forest Data.

- Jurnal Teknik Industri*, 8(1), 73–81.
- Hardle, W. (1994). *Applied Nonparametric Regression*. Humboldt University.
- Hardle, W., Liang, H., & Gao, J. (2000). *Partially Linear Models* (Nomor 39562). Munich Personal RePEc Archive. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/39562/>
- Imani, A. K. F. (2005). *Tafsir Nurul Al-Qur'an* (8 ed.). Al-Huda.
- Izzaturrahim, B. F., Khambali, & Tsauray, A. M. (2020). Implikasi Pendidikan Q.S. Al-Isra Ayat 26-27 Tentang Larangan Tabdzir Terhadap Upaya Menghindari Perilaku Mubazir. *Prosiding Pendidikan Agama Islam*, 6(17), 36–39. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29313/.v6i2.22560>
- Kamal, M., Kasmawati, Rodi, Thamrin, H., & Iskandar. (2021). Pengaruh Tingkat Inflasi Dan Nilai Tukar (Kurs) Rupiah Terhadap Indeks Saham Syariah Indonesia (Issi). *Jurnal Tabarru': Islamic Banking and Finance*, 4(2), 521–531. [https://doi.org/10.25299/jtb.2021.vol4\(2\).8310](https://doi.org/10.25299/jtb.2021.vol4(2).8310)
- Lewis, C. D. (1982). *International And Business Forecasting Methods*. Butterworths.
- LPMQ. (2022). *Qur'an Kemenag*. Lajnah Pentashih Mushaf Al-Qur'an Kementerian Agama RI.
- Muazarah, S. F. (2023). *Regresi Nonparametrik Kernel Dengan Pendekatan Fungsi Gaussian Untuk Memodelkan Inflasi Di Indonesia*. Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ogden, R. T. (1997). *Essential Wavelets For Statistical Applications And Data Analysis*. Birkhauser.
- Priyatno, D. (2016). *Belajar Alat Analisis Data Dan Cara Pengolahannya Dengan SPSS*. Gava Media.
- Putra, I. M. B., Srinadi, I. G. A. M., & Sumarjaya, I. W. (2015). Pemodelan Regresi Spline (Studi Kasus: Herpindo Jaya Cabang Ngaliyan). *E-Jurnal Matematika*, 4(3), 110–114. <https://doi.org/10.24843/mtk.2015.v04.i03.p097>
- Qaraati, M. (2002). *Tafsir Untuk Anak Muda Surah al-Isra'*. Al-Huda.
- Rasmussen, S. (2006). *An Introduction To Statistics With Data Analysis*. Belmont : Brooks/Cole.
- Ridwan, M., & Andriyanto, I. (2019). Sikap Boros: Dari Normatif Teks Ke Praktik Keluarga Muslim. *Al-Amwal: Jurnal Ekonomi dan Perbankan Syari'ah*, 11(2), 273–284. <https://doi.org/10.24235/amwal.v11i2.4927>
- Saputra, J. A. (2016). *Pemilihan Bandwidth Pada Estimator Nadaraya-Watson Dengan Tipe Kernel Gaussian Pada Data Time Series*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sedyaningrum, M., Suhadak, & Nuzula, N. F. (2016). Pengaruh Jumlah Nilai Ekspor, Impor Dan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Nilai Tukar Dan Daya Beli Masyarakat di Indonesia. *Jurnal Administrasi Bisnis*, 34(1), 114–121.

- Shihab, M. Q. (2004). *Tafsir Al-Misbah*. Lentera Hati.
- Silverman, B. W. (1986). *Density Estimation For Statistics And Data Analysis. Monographs on Statistics and Applied Probability*.
- Sugiyono. (2005). *Memahami Penelitian Kualitatif*. Alfabeta.
- Sukarsa, I. K. G., & Srinadi, I. G. A. M. (2012). Estimator Kernel Dalam Model Regresi Nonparametrik. *Jurnal Matematika*, 2(1), 19–30.
- Sukasna, S. (2017). *Fenomena Inflasi Di Indonesia* [Universitas Lampung]. <http://www.albayan.ae>
- Sya'rawi, M. M. (2008). *Tafsir Sya 'rawi*. Duta Azhar.
- Utami, T. W., Nur, I. M., & Suryaningsih, E. (2018). Pemodelan Produksi Padi Menggunakan Regresi Semiparametrik Kernel. *Jurnal Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang*, 6(2), 160–165.
- Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis : Univariate And Multivariate Methods* (second). Pearson Addison Wesley. <https://doi.org/10.1201/b11459-9>
- Winarti, & Sony, S. (2010). Pendekatan Regresi Semiparametrik Spline (Pada Data Nilai Ujian Nasional Siswa SMKN 1 Nguling Pasuruan). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 3(2), 194–199.
- Yehosua, S. A., Rotinsulu, T. O., & Niode, A. O. (2019). Pengaruh Inflasi Dan Suku Bunga Terhadap Tingkat Pengangguran Di Kota Manado. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 19(1), 20–31. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jbie/article/view/22262>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Aktual Penelitian Januari 2013 – Desember 2023

No	Periode	Inflasi (y_t)	Kurs (x_t)	Suku Bunga (z_t)
1	Jan-13	4,57%	Rp9.698,00	5,75%
2	Feb-13	5,31%	Rp9.667,00	5,75%
3	Mar-13	5,90%	Rp9.719,00	5,75%
4	Apr-13	5,57%	Rp9.722,00	5,75%
5	May-13	5,47%	Rp9.802,00	5,75%
6	Jun-13	5,90%	Rp9.929,00	5,75%
7	Jul-13	8,61%	Rp10.278,00	6,00%
8	Aug-13	8,79%	Rp10.924,00	6,50%
9	Sep-13	8,40%	Rp11.613,00	7,00%
10	Oct-13	8,32%	Rp11.234,00	7,25%
11	Nov-13	8,37%	Rp11.977,00	7,25%
12	Dec-13	8,38%	Rp12.189,00	7,50%
13	Jan-14	8,22%	Rp12.226,00	7,50%
14	Feb-14	7,75%	Rp11.634,00	7,50%
15	Mar-14	7,32%	Rp11.404,00	7,50%
16	Apr-14	7,25%	Rp11.532,00	7,50%
17	May-14	7,32%	Rp11.611,00	7,50%
18	Jun-14	6,70%	Rp11.969,00	7,50%
19	Jul-14	4,53%	Rp11.591,00	7,50%
20	Aug-14	3,99%	Rp11.717,00	7,50%
21	Sep-14	4,53%	Rp12.212,00	7,50%
22	Oct-14	4,83%	Rp12.082,00	7,50%
23	Nov-14	6,23%	Rp12.196,00	7,75%
24	Dec-14	8,36%	Rp12.440,00	7,75%
25	Jan-15	6,96%	Rp12.625,00	7,75%
26	Feb-15	6,29%	Rp12.863,00	7,50%
27	Mar-15	6,38%	Rp13.084,00	7,50%
28	Apr-15	6,79%	Rp12.937,00	7,50%
29	May-15	7,15%	Rp13.211,00	7,50%
30	Jun-15	7,26%	Rp13.332,00	7,50%
31	Jul-15	7,26%	Rp13.481,00	7,50%
32	Aug-15	7,18%	Rp14.027,00	7,50%
33	Sep-15	6,83%	Rp14.657,00	7,50%
34	Oct-15	6,25%	Rp13.639,00	7,50%
35	Nov-15	4,89%	Rp13.840,00	7,50%
36	Dec-15	3,35%	Rp13.795,00	7,50%
37	Jan-16	4,14%	Rp13.846,00	7,25%
38	Feb-16	4,42%	Rp13.395,00	7,00%
39	Mar-16	4,45%	Rp13.276,00	6,75%
30	Apr-16	3,60%	Rp13.204,00	6,75%
41	May-16	3,33%	Rp13.615,00	6,75%
42	Jun-16	3,45%	Rp13.180,00	6,50%
43	Jul-16	3,21%	Rp13.094,00	6,50%
44	Aug-16	2,79%	Rp13.300,00	5,25%
45	Sep-16	3,07%	Rp12.998,00	5,00%
46	Oct-16	3,31%	Rp13.051,00	4,75%
47	Nov-16	3,58%	Rp13.563,00	4,75%

No	Periode	Inflasi (y_t)	Kurs (x_t)	Suku Bunga (z_t)
48	Dec-16	3,02%	Rp13.436,00	4,75%
49	Jan-17	3,49%	Rp13.343,00	4,75%
50	Feb-17	3,83%	Rp13.347,00	4,75%
51	Mar-17	3,61%	Rp13.321,00	4,75%
52	Apr-17	4,17%	Rp13.327,00	4,75%
53	May-17	4,33%	Rp13.321,00	4,75%
54	Jun-17	4,37%	Rp13.319,00	4,75%
55	Jul-17	3,88%	Rp13.323,00	4,50%
56	Aug-17	3,82%	Rp13.351,00	4,25%
57	Sep-17	3,72%	Rp13.492,00	4,25%
58	Oct-17	3,58%	Rp13.572,00	4,25%
59	Nov-17	3,30%	Rp13.514,00	4,25%
60	Dec-17	3,61%	Rp13.548,00	4,25%
61	Jan-18	3,25%	Rp13.413,00	4,25%
62	Feb-18	3,18%	Rp13.707,00	4,25%
63	Mar-18	3,40%	Rp13.756,00	4,25%
64	Apr-18	3,41%	Rp13.877,00	4,50%
65	May-18	3,23%	Rp13.951,00	4,75%
66	Jun-18	3,12%	Rp14.404,00	5,25%
67	Jul-18	3,18%	Rp14.413,00	5,25%
68	Aug-18	3,20%	Rp14.711,00	5,50%
69	Sep-18	2,88%	Rp14.929,00	5,75%
70	Oct-18	3,16%	Rp15.227,00	5,75%
71	Nov-18	3,23%	Rp14.339,00	6,00%
72	Dec-18	3,13%	Rp14.481,00	6,00%
73	Jan-19	2,82%	Rp14.072,00	6,00%
74	Feb-19	2,57%	Rp14.062,00	6,00%
75	Mar-19	2,48%	Rp14.244,00	6,00%
76	Apr-19	2,83%	Rp14.215,00	6,00%
77	May-19	3,32%	Rp14.385,00	6,00%
78	Jun-19	3,28%	Rp14.141,00	6,00%
79	Jul-19	3,32%	Rp14.026,00	5,75%
80	Aug-19	3,49%	Rp14.237,00	5,50%
81	Sep-19	3,39%	Rp14.174,00	5,25%
82	Oct-19	3,13%	Rp14.008,00	5,00%
83	Nov-19	3%	Rp14.102,00	5,00%
84	Dec-19	2,72%	Rp13.901,00	5,00%
85	Jan-20	2,68%	Rp13.662,00	5,00%
86	Feb-20	2,98%	Rp14.234,00	4,75%
87	Mar-20	2,96%	Rp16.367,00	4,50%
88	Apr-20	2,67%	Rp15.157,00	4,50%
89	May-20	2,19%	Rp14.733,00	4,50%
90	Jun-20	1,96%	Rp14.302,00	4,25%
91	Jul-20	1,54%	Rp14.653,00	4,00%
92	Aug-20	1,32%	Rp14.554,00	4,00%
93	Sep-20	1,42%	Rp14.918,00	4,00%
94	Oct-20	1,44%	Rp14.690,00	4,00%

No	Periode	Inflasi (y_t)	Kurs (x_t)	Suku Bunga (z_t)
95	Nov-20	1,59%	Rp14.128,00	3,75%
96	Dec-20	1,68%	Rp14.105,00	3,75%
97	Jan-21	1,55%	Rp14.084,00	3,75%
98	Feb-21	1,38%	Rp14.229,00	3,50%
99	Mar-21	1,37%	Rp14.572,00	3,50%
100	Apr-21	1,42%	Rp14.468,00	3,50%
101	May-21	1,68%	Rp14.310,00	3,50%
102	Jun-21	1,33%	Rp14.496,00	3,50%
103	Jul-21	1,52%	Rp14.491,00	3,50%
104	Aug-21	1,59%	Rp14.374,00	3,50%
105	Sep-21	1,60%	Rp14.307,00	3,50%
106	Oct-21	1,66%	Rp14.199,00	3,50%
107	Nov-21	1,75%	Rp14.340,00	3,50%
108	Dec-21	1,87%	Rp14.269,00	3,50%
109	Jan-22	2,18%	Rp14.381,00	3,50%
110	Feb-22	2,06%	Rp14.371,00	3,50%
111	Mar-22	2,64%	Rp14.349,00	3,50%
112	Apr-22	3,47%	Rp14.418,00	3,50%
113	May-22	3,55%	Rp14.544,00	3,50%

No	Periode	Inflasi (y_t)	Kurs (x_t)	Suku Bunga (z_t)
114	Jun-22	4,35%	Rp14.848,00	3,50%
115	Jul-22	4,94%	Rp14.958,00	3,50%
116	Aug-22	4,69%	Rp14.875,00	3,75%
117	Sep-22	5,95%	Rp15.247,00	4,25%
118	Oct-22	5,71%	Rp15.542,00	4,75%
119	Nov-22	5,42%	Rp15.737,00	5,25%
120	Dec-22	5,51%	Rp15.731,00	5,50%
121	Jan-23	5,28%	Rp14.979,00	5,75%
122	Feb-23	5,47%	Rp15.274,00	5,75%
123	Mar-23	4,97%	Rp15.062,00	5,75%
124	Apr-23	4,33%	Rp14.751,00	5,75%
125	May-23	4%	Rp14.969,00	5,75%
126	Jun-23	3,52%	Rp15.026,00	5,75%
127	Jul-23	3,08%	Rp15.083,00	5,75%
128	Aug-23	3,27%	Rp15.239,00	5,75%
129	Sep-23	2,28%	Rp15.526,00	5,75%
130	Oct-23	2,56%	Rp15.916,00	6,00%
131	Nov-23	2,86%	Rp15.384,00	6,00%
132	Dec-23	2,61%	Rp15.416,00	6,00%

Lampiran 2. Data Hasil Rescaling

Periode	Inflasi (y_t)	Kurs (x_t)	Suku Bunga (z_t)
Jan-13	0,0457	0,0048	0,0575
Feb-13	0,0531	0,0001	0,0575
Mar-13	0,0590	0,0079	0,0575
Apr-13	0,0557	0,0084	0,0575
May-13	0,0547	0,0203	0,0575
Jun-13	0,0590	0,0392	0,0575
Jul-13	0,0861	0,0913	0,0600
Aug-13	0,0879	0,1877	0,0650
Sep-13	0,0840	0,2906	0,0700
Oct-13	0,0832	0,2340	0,0725
Nov-13	0,0837	0,3449	0,0725
Dec-13	0,0838	0,3765	0,0750
Jan-14	0,0822	0,3820	0,0750
Feb-14	0,0775	0,2937	0,0750
Mar-14	0,0732	0,2594	0,0750
Apr-14	0,0725	0,2785	0,0750
May-14	0,0732	0,2903	0,0750
Jun-14	0,0670	0,3437	0,0750
Jul-14	0,0453	0,2873	0,0750
Aug-14	0,0399	0,3061	0,0750
Sep-14	0,0453	0,3799	0,0750
Oct-14	0,0483	0,3605	0,0750
Nov-14	0,0623	0,3776	0,0775
Dec-14	0,0836	0,4140	0,0775
Jan-15	0,0696	0,4416	0,0775
Feb-15	0,0629	0,4771	0,0750
Mar-15	0,0638	0,5101	0,0750
Apr-15	0,0679	0,4881	0,0750
May-15	0,0715	0,5290	0,0750

Periode	Inflasi (y_t)	Kurs (x_t)	Suku Bunga (z_t)
Jun-15	0,0726	0,5471	0,0750
Jul-15	0,0726	0,5693	0,0750
Aug-15	0,0718	0,6508	0,0750
Sep-15	0,0683	0,7448	0,0750
Oct-15	0,0625	0,5929	0,0750
Nov-15	0,0489	0,6229	0,0750
Dec-15	0,0335	0,6162	0,0750
Jan-16	0,0414	0,6238	0,0725
Feb-16	0,0442	0,5565	0,0700
Mar-16	0,0445	0,5387	0,0675
Apr-16	0,0360	0,5280	0,0675
May-16	0,0333	0,5893	0,0675
Jun-16	0,0345	0,5244	0,0650
Jul-16	0,0321	0,5116	0,0650
Aug-16	0,0279	0,5423	0,0525
Sep-16	0,0307	0,4972	0,0500
Oct-16	0,0331	0,5051	0,0475
Nov-16	0,0358	0,5816	0,0475
Dec-16	0,0302	0,5626	0,0475
Jan-17	0,0349	0,5487	0,0475
Feb-17	0,0383	0,5493	0,0475
Mar-17	0,0361	0,5454	0,0475
Apr-17	0,0417	0,5463	0,0475
May-17	0,0433	0,5454	0,0475
Jun-17	0,0437	0,5451	0,0475
Jul-17	0,0388	0,5457	0,0450
Aug-17	0,0382	0,5499	0,0425
Sep-17	0,0372	0,5710	0,0425
Oct-17	0,0358	0,5829	0,0425

Periode	Inflasi (y_t)	Kurs (x_t)	Suku Bunga (z_t)
Nov-17	0,0330	0,5742	0,0425
Dec-17	0,0361	0,5793	0,0425
Jan-18	0,0325	0,5592	0,0425
Feb-18	0,0318	0,6030	0,0425
Mar-18	0,0340	0,6104	0,0425
Apr-18	0,0341	0,6284	0,0450
May-18	0,0323	0,6395	0,0475
Jun-18	0,0312	0,7071	0,0525
Jul-18	0,0318	0,7084	0,0525
Aug-18	0,0320	0,7529	0,0550
Sep-18	0,0288	0,7854	0,0575
Oct-18	0,0316	0,8299	0,0575
Nov-18	0,0323	0,6974	0,0600
Dec-18	0,0313	0,7185	0,0600
Jan-19	0,0282	0,6575	0,0600
Feb-19	0,0257	0,6560	0,0600
Mar-19	0,0248	0,6832	0,0600
Apr-19	0,0283	0,6789	0,0600
May-19	0,0332	0,7042	0,0600
Jun-19	0,0328	0,6678	0,0600
Jul-19	0,0332	0,6506	0,0575
Aug-19	0,0349	0,6821	0,0550
Sep-19	0,0339	0,6727	0,0525
Oct-19	0,0313	0,6480	0,0500
Nov-19	0,0300	0,6620	0,0500
Dec-19	0,0272	0,6320	0,0500
Jan-20	0,0268	0,5963	0,0500
Feb-20	0,0298	0,6817	0,0475
Mar-20	0,0296	1,0000	0,0450
Apr-20	0,0267	0,8194	0,0450
May-20	0,0219	0,7562	0,0450
Jun-20	0,0196	0,6918	0,0425
Jul-20	0,0154	0,7442	0,0400
Aug-20	0,0132	0,7294	0,0400
Sep-20	0,0142	0,7838	0,0400
Oct-20	0,0144	0,7497	0,0400
Nov-20	0,0159	0,6659	0,0375

Periode	Inflasi (y_t)	Kurs (x_t)	Suku Bunga (z_t)
Dec-20	0,0168	0,6624	0,0375
Jan-21	0,0155	0,6593	0,0375
Feb-21	0,0138	0,6809	0,0350
Mar-21	0,0137	0,7321	0,0350
Apr-21	0,0142	0,7166	0,0350
May-21	0,0168	0,6930	0,0350
Jun-21	0,0133	0,7208	0,0350
Jul-21	0,0152	0,7200	0,0350
Aug-21	0,0159	0,7026	0,0350
Sep-21	0,0160	0,6926	0,0350
Oct-21	0,0166	0,6765	0,0350
Nov-21	0,0175	0,6975	0,0350
Dec-21	0,0187	0,6869	0,0350
Jan-22	0,0218	0,7036	0,0350
Feb-22	0,0206	0,7021	0,0350
Mar-22	0,0264	0,6989	0,0350
Apr-22	0,0347	0,7091	0,0350
May-22	0,0355	0,7280	0,0350
Jun-22	0,0435	0,7733	0,0350
Jul-22	0,0494	0,7897	0,0350
Aug-22	0,0469	0,7773	0,0375
Sep-22	0,0595	0,8329	0,0425
Oct-22	0,0571	0,8769	0,0475
Nov-22	0,0542	0,9060	0,0525
Dec-22	0,0551	0,9051	0,0550
Jan-23	0,0528	0,7929	0,0575
Feb-23	0,0547	0,8369	0,0575
Mar-23	0,0497	0,8053	0,0575
Apr-23	0,0433	0,7588	0,0575
May-23	0,0400	0,7914	0,0575
Jun-23	0,0352	0,7999	0,0575
Jul-23	0,0308	0,8084	0,0575
Aug-23	0,0327	0,8317	0,0575
Sep-23	0,0228	0,8745	0,0575
Oct-23	0,0256	0,9327	0,0600
Nov-23	0,0286	0,8533	0,0600
Dec-23	0,0261	0,8581	0,0600

Lampiran 3. Nilai *Bandwidth* Optimal

<i>Bandwidth</i> (h)	GCV	<i>Bandwidth</i> (h)	GCV
0,00008	0.01851	0,00408	0.01685
0,00088	0.01825	0,00488	0.01685
0,00168	0.01716	0,00568	0.01688
0,00248	0.01693	0,00648	0.01694
0,00328	0.01687	0,00728	0.01704

Lampiran 4. Nilai Data Aktual, Data Prediksi, dan *Error*

Periode	y_t	\hat{y}_t	<i>Error</i>
Feb-13	0,0531	0,0592	-0,0061
Mar-13	0,0590	0,0594	-0,0004
Apr-13	0,0557	0,0591	-0,0034
May-13	0,0547	0,0591	-0,0044
Jun-13	0,0590	0,0587	0,0003
Jul-13	0,0861	0,0581	0,0280
Aug-13	0,0879	0,0563	0,0316
Sep-13	0,0840	0,0549	0,0291
Oct-13	0,0832	0,0634	0,0198
Nov-13	0,0837	0,0684	0,0153
Dec-13	0,0838	0,0649	0,0189
Jan-14	0,0822	0,0651	0,0171
Feb-14	0,0775	0,0649	0,0126
Mar-14	0,0732	0,0677	0,0055
Apr-14	0,0725	0,0688	0,0037
May-14	0,0732	0,0682	0,0050
Jun-14	0,0670	0,0678	-0,0008
Jul-14	0,0453	0,0661	-0,0208
Aug-14	0,0399	0,0679	-0,0280
Sep-14	0,0453	0,0673	-0,0220
Oct-14	0,0483	0,065	-0,0167
Nov-14	0,0623	0,0656	-0,0033
Dec-14	0,0836	0,0656	0,0180
Jan-15	0,0696	0,0645	0,0051
Feb-15	0,0629	0,0636	-0,0007
Mar-15	0,0638	0,0619	0,0019
Apr-15	0,0679	0,0609	0,0070
May-15	0,0715	0,0616	0,0099
Jun-15	0,0726	0,0603	0,0123
Jul-15	0,0726	0,0597	0,0129
Aug-15	0,0718	0,059	0,0128
Sep-15	0,0683	0,0564	0,0119
Oct-15	0,0625	0,0534	0,0091
Nov-15	0,0489	0,0582	-0,0093
Dec-15	0,0335	0,0573	-0,0238
Jan-16	0,0414	0,0575	-0,0161
Feb-16	0,0442	0,056	-0,0118
Mar-16	0,0445	0,055	-0,0105
Apr-16	0,0360	0,0494	-0,0134
May-16	0,0333	0,0498	-0,0165
Jun-16	0,0345	0,0478	-0,0133
Jul-16	0,0321	0,0442	-0,0121
Aug-16	0,0279	0,0446	-0,0167
Sep-16	0,0307	0,0404	-0,0097
Oct-16	0,0331	0,04	-0,0069
Nov-16	0,0358	0,0384	-0,0026
Dec-16	0,0302	0,036	-0,0058
Jan-17	0,0349	0,0366	-0,0017
Feb-17	0,0383	0,037	0,0013
Mar-17	0,0361	0,037	-0,0009
Apr-17	0,0417	0,0371	0,0046
May-17	0,0433	0,0371	0,0062
Jun-17	0,0437	0,0371	0,0066

Periode	y_t	\hat{y}_t	<i>Error</i>
Jul-17	0,0388	0,0372	0,0016
Aug-17	0,0382	0,0358	0,0024
Sep-17	0,0372	0,0338	0,0034
Oct-17	0,0358	0,0331	0,0027
Nov-17	0,0330	0,0328	0,0002
Dec-17	0,0361	0,033	0,0031
Jan-18	0,0325	0,0329	-0,0004
Feb-18	0,0318	0,0335	-0,0017
Mar-18	0,0340	0,0321	0,0019
Apr-18	0,0341	0,0319	0,0022
May-18	0,0323	0,0332	-0,0009
Jun-18	0,0312	0,0342	-0,0030
Jul-18	0,0318	0,0352	-0,0034
Aug-18	0,0320	0,0351	-0,0031
Sep-18	0,0288	0,0351	-0,0063
Oct-18	0,0316	0,0345	-0,0029
Nov-18	0,0323	0,0331	-0,0008
Dec-18	0,0313	0,0371	-0,0058
Jan-19	0,0282	0,0364	-0,0082
Feb-19	0,0257	0,0383	-0,0126
Mar-19	0,0248	0,0384	-0,0136
Apr-19	0,0283	0,0375	-0,0092
May-19	0,0332	0,0377	-0,0045
Jun-19	0,0328	0,0369	-0,0041
Jul-19	0,0332	0,038	-0,0048
Aug-19	0,0349	0,0388	-0,0039
Sep-19	0,0339	0,0374	-0,0035
Oct-19	0,0313	0,0363	-0,0050
Nov-19	0,0300	0,0353	-0,0053
Dec-19	0,0272	0,0348	-0,0076
Jan-20	0,0268	0,0358	-0,0090
Feb-20	0,0298	0,0369	-0,0071
Mar-20	0,0296	0,0328	-0,0032
Apr-20	0,0267	0,0214	0,0053
May-20	0,0219	0,0271	-0,0052
Jun-20	0,0196	0,0291	-0,0095
Jul-20	0,0154	0,0293	-0,0139
Aug-20	0,0132	0,0255	-0,0123
Sep-20	0,0142	0,026	-0,0118
Oct-20	0,0144	0,0243	-0,0099
Nov-20	0,0159	0,0254	-0,0095
Dec-20	0,0168	0,0265	-0,0097
Jan-21	0,0155	0,0266	-0,0111
Feb-21	0,0138	0,0267	-0,0129
Mar-21	0,0137	0,0254	-0,0117
Apr-21	0,0142	0,0238	-0,0096
May-21	0,0168	0,0243	-0,0075
Jun-21	0,0133	0,0251	-0,0118
Jul-21	0,0152	0,0242	-0,0090
Aug-21	0,0159	0,0242	-0,0083
Sep-21	0,0160	0,0248	-0,0088
Oct-21	0,0166	0,0251	-0,0085
Nov-21	0,0175	0,0256	-0,0081

Periode	y_t	\hat{y}_t	Error
Dec-21	0,0187	0,0249	-0,0062
Jan-22	0,0218	0,0252	-0,0034
Feb-22	0,0206	0,0247	-0,0041
Mar-22	0,0264	0,0248	0,0016
Apr-22	0,0347	0,0249	0,0098
May-22	0,0355	0,0245	0,0110
Jun-22	0,0435	0,0239	0,0196
Jul-22	0,0494	0,0225	0,0269
Aug-22	0,0469	0,022	0,0249
Sep-22	0,0595	0,023	0,0365
Oct-22	0,0571	0,0248	0,0323
Nov-22	0,0542	0,0266	0,0276
Dec-22	0,0551	0,0289	0,0262

Periode	y_t	\hat{y}_t	Error
Jan-23	0,0528	0,0303	0,0225
Feb-23	0,0547	0,0343	0,0204
Mar-23	0,0497	0,0329	0,0168
Apr-23	0,0433	0,0339	0,0094
May-23	0,0400	0,0354	0,0046
Jun-23	0,0352	0,0343	0,0009
Jul-23	0,0308	0,0341	-0,0033
Aug-23	0,0327	0,0338	-0,0011
Sep-23	0,0228	0,033	-0,0102
Oct-23	0,0256	0,0317	-0,0061
Nov-23	0,0286	0,0296	-0,0010
Dec-23	0,0261	0,0321	-0,0060

Lampiran 5. Hasil Keakuratan Model

Periode	y_t	\hat{y}_t	$\left \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right $
Feb-13	0,0531	0,0592	0,114878
Mar-13	0,0590	0,0594	0,00678
Apr-13	0,0557	0,0591	0,061041
May-13	0,0547	0,0591	0,080439
Jun-13	0,0590	0,0587	0,005085
Jul-13	0,0861	0,0581	0,325203
Aug-13	0,0879	0,0563	0,359499
Sep-13	0,0840	0,0549	0,346429
Oct-13	0,0832	0,0634	0,237981
Nov-13	0,0837	0,0684	0,182796
Dec-13	0,0838	0,0649	0,225537
Jan-14	0,0822	0,0651	0,208029
Feb-14	0,0775	0,0649	0,162581
Mar-14	0,0732	0,0677	0,075137
Apr-14	0,0725	0,0688	0,051034
May-14	0,0732	0,0682	0,068306
Jun-14	0,0670	0,0678	0,01194
Jul-14	0,0453	0,0661	0,459161
Aug-14	0,0399	0,0679	0,701754
Sep-14	0,0453	0,0673	0,485651
Oct-14	0,0483	0,065	0,345756
Nov-14	0,0623	0,0656	0,05297
Dec-14	0,0836	0,0656	0,215311
Jan-15	0,0696	0,0645	0,073276
Feb-15	0,0629	0,0636	0,011129
Mar-15	0,0638	0,0619	0,029781
Apr-15	0,0679	0,0609	0,103093
May-15	0,0715	0,0616	0,138462
Jun-15	0,0726	0,0603	0,169421
Jul-15	0,0726	0,0597	0,177686
Aug-15	0,0718	0,059	0,178273
Sep-15	0,0683	0,0564	0,174231
Oct-15	0,0625	0,0534	0,1456
Nov-15	0,0489	0,0582	0,190184
Dec-15	0,0335	0,0573	0,710448
Jan-16	0,0414	0,0575	0,3889

Periode	y_t	\hat{y}_t	$\left \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right $
Feb-16	0,0442	0,056	0,266968
Mar-16	0,0445	0,055	0,235955
Apr-16	0,0360	0,0494	0,372222
May-16	0,0333	0,0498	0,495495
Jun-16	0,0345	0,0478	0,385507
Jul-16	0,0321	0,0442	0,376947
Aug-16	0,0279	0,0446	0,598566
Sep-16	0,0307	0,0404	0,315961
Oct-16	0,0331	0,04	0,208459
Nov-16	0,0358	0,0384	0,072626
Dec-16	0,0302	0,036	0,192053
Jan-17	0,0349	0,0366	0,048711
Feb-17	0,0383	0,037	0,033943
Mar-17	0,0361	0,037	0,024931
Apr-17	0,0417	0,0371	0,110312
May-17	0,0433	0,0371	0,143187
Jun-17	0,0437	0,0371	0,15103
Jul-17	0,0388	0,0372	0,041237
Aug-17	0,0382	0,0358	0,062827
Sep-17	0,0372	0,0338	0,091398
Oct-17	0,0358	0,0331	0,075419
Nov-17	0,0330	0,0328	0,006061
Dec-17	0,0361	0,033	0,085873
Jan-18	0,0325	0,0329	0,012308
Feb-18	0,0318	0,0335	0,053459
Mar-18	0,0340	0,0321	0,055882
Apr-18	0,0341	0,0319	0,064516
May-18	0,0323	0,0332	0,027864
Jun-18	0,0312	0,0342	0,096154
Jul-18	0,0318	0,0352	0,106918
Aug-18	0,0320	0,0351	0,096875
Sep-18	0,0288	0,0351	0,21875
Oct-18	0,0316	0,0345	0,091772
Nov-18	0,0323	0,0331	0,024768
Dec-18	0,0313	0,0371	0,185304
Jan-19	0,0282	0,0364	0,29078

Periode	y_t	\hat{y}_t	$\left \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right $
Feb-19	0,0257	0,0383	0,490272
Mar-19	0,0248	0,0384	0,548387
Apr-19	0,0283	0,0375	0,325088
May-19	0,0332	0,0377	0,135542
Jun-19	0,0328	0,0369	0,125
Jul-19	0,0332	0,038	0,144578
Aug-19	0,0349	0,0388	0,111748
Sep-19	0,0339	0,0374	0,103245
Oct-19	0,0313	0,0363	0,159744
Nov-19	0,0300	0,0353	0,176667
Dec-19	0,0272	0,0348	0,279412
Jan-20	0,0268	0,0358	0,335821
Feb-20	0,0298	0,0369	0,238255
Mar-20	0,0296	0,0328	0,108108
Apr-20	0,0267	0,0214	0,198502
May-20	0,0219	0,0271	0,237443
Jun-20	0,0196	0,0291	0,484694
Jul-20	0,0154	0,0293	0,902597
Aug-20	0,0132	0,0255	0,931818
Sep-20	0,0142	0,026	0,830986
Oct-20	0,0144	0,0243	0,6875
Nov-20	0,0159	0,0254	0,597484
Dec-20	0,0168	0,0265	0,577381
Jan-21	0,0155	0,0266	0,716129
Feb-21	0,0138	0,0267	0,934783
Mar-21	0,0137	0,0254	0,854015
Apr-21	0,0142	0,0238	0,676056
May-21	0,0168	0,0243	0,446429
Jun-21	0,0133	0,0251	0,887218
Jul-21	0,0152	0,0242	0,592105
Aug-21	0,0159	0,0242	0,522013

Periode	y_t	\hat{y}_t	$\left \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right $
Sep-21	0,0160	0,0248	0,55
Oct-21	0,0166	0,0251	0,512048
Nov-21	0,0175	0,0256	0,462857
Dec-21	0,0187	0,0249	0,331551
Jan-22	0,0218	0,0252	0,155963
Feb-22	0,0206	0,0247	0,199029
Mar-22	0,0264	0,0248	0,060606
Apr-22	0,0347	0,0249	0,282421
May-22	0,0355	0,0245	0,309859
Jun-22	0,0435	0,0239	0,450575
Jul-22	0,0494	0,0225	0,544534
Aug-22	0,0469	0,022	0,530917
Sep-22	0,0595	0,023	0,613445
Oct-22	0,0571	0,0248	0,565674
Nov-22	0,0542	0,0266	0,509225
Dec-22	0,0551	0,0289	0,475499
Jan-23	0,0528	0,0303	0,426136
Feb-23	0,0547	0,0343	0,372943
Mar-23	0,0497	0,0329	0,338028
Apr-23	0,0433	0,0339	0,21709
May-23	0,0400	0,0354	0,115
Jun-23	0,0352	0,0343	0,025568
Jul-23	0,0308	0,0341	0,107143
Aug-23	0,0327	0,0338	0,033639
Sep-23	0,0228	0,033	0,447368
Oct-23	0,0256	0,0317	0,238281
Nov-23	0,0286	0,0296	0,034965
Dec-23	0,0261	0,0321	0,229885
$\sum \left \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right $			36,4941
$MAPE = \frac{1}{131} \sum \left \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right \times 100\%$			27,86%

Lampiran 6. Source Code Program R-Studio Regresi Semiparametrik Kernel

```
## SEMIPARAMETRIC TIME SERIES BASED ON DIRECT KERNEL NADARAYA-WATSON
ESTIMATOR
## RESPONSE VARIABLE : INFLASI
## PARAMETRIC PREDICTOR: KURS USD
## NONPARAETRIC PREDICTOR: BI RATE

require(MASS); require(matlib); require(stats);

raw_data<-readxl::read_excel("E:/SEMESTER 8/SKRIPSI/Draf Skripsi Anggraeni Bakti/data.xlsx")
data <- raw_data

estimasi <- function(data) {
  # Pastikan data dalam bentuk numerik
  data <- as.data.frame(lapply(data, as.numeric))
  yt <- data[, 1]      # Data Inflasi
  xt1 <- data[, 3]    # Data Kurs USD
  zt1 <- data[, 4]    # Data BI Rate

  Y <- as.matrix(yt)  # Variabel respon
  X <- cbind(1, xt1)  # Variabel prediktor parametrik
  Zt <- as.matrix(zt1) # Variabel prediktor nonparametrik
```



```

hb <- 0.00008      # Batas bawah bandwidth
ha <- 0.00728      # Batas atas bandwidth
inc <- 0.0008      # Kenaikan bandwidth

hk <- seq(hb, ha, inc) # Vektor bandwidth
nk <- length(hk)      # Banyak bandwidth
n <- nrow(data)       # Banyak data

MSE <- rep(NA, nk)
GCV <- rep(NA, nk)
R2 <- rep(NA, nk)
MAPE <- rep(NA, nk)

Beta <- matrix(NA, nk, ncol(X))

## PEMILIHAN BANDWIDTH OPTIMAL
for (s in 1:nk) {
  h <- hk[s]

  W <- matrix(0, n, n)

  kernel <- function(x) {
    (1 / sqrt(2 * pi)) * exp(-0.5 * (x ^ 2))
  }

  ## LOOPING Xo TIAP PENGAMATAN
  for (t in 1:n) {
    pb <- kernel((Zt[t, 1] - Zt[t, 1]) / h)
    W[t, ] <- pb / sum(pb)
  }

  I <- diag(n)
  A <- I - W
  XtAX <- t(X) %*% t(A) %*% A %*% X

  # Gunakan pseudo-inverse jika solve() gagal
  B <- tryCatch(solve(XtAX), error = function(e) ginv(XtAX))

  Be <- B %*% t(X) %*% t(A) %*% A %*% Y
  M <- (X - W %*% X) %*% B %*% t(X) %*% t(A) %*% A + W

  Beta[s, ] <- t(Be)
  Ytopi <- M %*% Y

  MSE[s] <- mean((Y - Ytopi) ^ 2)
  GCV[s] <- MSE[s] / ((1 - sum(diag(M)) / n) ^ 2)
  R2[s] <- (1 - sum((Ytopi - Y) ^ 2) / sum((Y - mean(Y)) ^ 2)) * 100
  MAPE[s] <- mean(abs(Y - Ytopi) / Y) * 100
}

hasil <- as.data.frame(cbind(hk, GCV, R2, MAPE))
names(hasil) <- c("Bandwidth", "GCV", "R2", "MAPE")
hasil <- hasil[order(hasil$GCV), ]

## ESTIMASI DENGAN BANDWIDTH OPTIMUM
s_opt <- which.min(hasil$GCV)
Ystar <- Y - X %*% Beta[s_opt, ]
Ftopi <- W %*% Ystar
Ytopi <- M %*% Y
eNP <- Ystar - Ftopi
eSP <- Y - Ytopi

pred <- as.data.frame(cbind(Y, Ytopi, Ystar, Ftopi, eNP, eSP))

```

```

names(pred) <- c("Y", "Ytopi", "Ystar", "Ftopi", "Error NP", "Error SP")
output <- list(Beta = round(Beta[s_opt, ], 5), Estimasi = pred, Iterasi = hasil)

cat("\n =====")
cat("\n Bandwidth Optimum =", hasil[1, 1], "pada iterasi ke-", s_opt)
cat("\n dengan GCV =", hasil[1, 2], "R2 =", hasil[1, 3], "dan MAPE =", hasil[1, 4])
cat("\n\n Estimasi Parameter:")
cat("\n Nilai Beta:", round(Beta[s_opt, ], 5))

cat("\n =====")
cat("\n\n Berikut hasil iterasi bandwidth dengan urutan GCV terkecil:\n")
print(hasil)

cat("\n =====")
cat("\n Berikut hasil estimasi dengan bandwidth optimum:", hasil[1, 1])
cat("\n\n")
print(pred)

ord <- order(hasil$Bandwidth)
win.graph()
ordhasil <- hasil[ord, ]
plot(ordhasil[, 1], ordhasil[, 2], type = "o", col = "blue", xlab = "Nilai Bandwith",
      ylab = "Nilai GCV")
title(main = "PLOT \n Nilai GCV Setiap Iterasi Bandwith", col = "black")

win.graph()
plot(ordhasil[, 1], ordhasil[, 3], type = "o", col = "green", xlab = "Nilai Bandwith",
      ylab = "Nilai R2")
title(main = "PLOT \n Nilai R2 Setiap Iterasi Bandwith", col = "black")

win.graph()
plot(ordhasil[, 1], ordhasil[, 4], type = "o", col = "red", xlab = "Nilai Bandwith",
      ylab = "Nilai MAPE")
title(main = "PLOT \n Nilai MAPE Setiap Iterasi Bandwith", col = "black")

sx <- cbind(1:n); Y <- matrix(Y); Ytopi <- matrix(Ytopi)

win.graph()
plot(sx, Ystar, ylim=c(min(min(Ystar), min(Ftopi)), max(max(Ystar), max(Ftopi))), type = "o", col =
"blue", xlab = "Waktu", ylab = "Nilai")
lines(sx, Ftopi, type = "o", col = "green")
title(main = "PLOT \n Perbandingan Data Observasi dan Regresi Nonparametrik", col =
"black")
legend("topright", legend = c("Data Ystar", "Data Ftopi"),
      col = c("blue", "green"), lty = 1)

win.graph()
plot(sx, eNP, type = "o", col = "red", xlab = "Waktu", ylab = "Error")
title(main="PLOT \n Error Regresi Nonparametrik", col="black")

win.graph()
plot(sx, Y, ylim=c(0, max(max(Y), max(Ytopi))), type = "o", col = "blue", xlab = "Waktu", ylab = "Nilai")
lines(sx, Ytopi, type = "o", col = "green")
title(main = "PLOT \n Perbandingan Data Observasi dan Regresi Semiparametrik", col =
"black")
legend("topright", legend = c("Data Y", "Data Ytopi"),
      col = c("blue", "green"), lty = 1)
win.graph()
plot(sx, eSP, type = "o", col = "red", xlab = "Waktu", ylab = "Error")
title(main="PLOT \n Error Regresi Semiparametrik", col="black")

#=====

```

```
} # end 1  
hasil <- estimasi(data)
```

RIWAYAT HIDUP



Anggraeni Bakti Setianingrum, biasa dipanggil Eni, lahir di kabupaten Pasuruan pada 20 Juni 2002. Anak dari Bapak Soebagio dan Ibu Tatik Musrifah, serta merupakan kakak dari Ghita Liviana Aulia. Bertempat tinggal di Purwosari, Kabupaten Pasuruan. Pendidikan formal yang telah ditempuh diawali dengan pendidikan dasar di SDN 3 Purwosari dan lulus pada tahun 2014. Setelah itu melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Purwosari dan lulus pada tahun 2017. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Purwosari dan lulus pada tahun 2020. Setelah itu melanjutkan pendidikan jenjang perkuliahan di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang tepatnya di Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi. Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, peneliti beberapa kali mengikuti kegiatan kepanitiaan yang diadakan oleh Universitas, Fakultas, maupun Program Studi Matematika. Peneliti sangat terbuka terhadap masukan, kritik dan saran demi kebermanfaatan penulisan skripsi ini dengan menghubungi alamat email: anggrainisetianingrum20@gmail.com.



BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Anggraeni Bakti Setianingrum
NIM : 200601110075
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Regresi Semiparametrik Kernel *Nadaraya-Watson* untuk Memodelkan Inflasi di Indonesia
Pembimbing I : Abdul Aziz, M.Si.
Pembimbing II : Ach. Nasichuddin, M.A.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	14 Agustus 2023	Konsultasi Topik dan Data	1.
2.	24 Oktober 2023	Konsultasi BAB I, II, dan III	2.
3.	31 Oktober 2023	Konsultasi Kajian Agama BAB I dan II	3.
4.	17 November 2023	ACC Kajian Agama BAB I dan II	4.
5.	21 November 2023	Konsultasi BAB I, II, dan III	5.
6.	6 Desember 2023	Konsultasi BAB I, II, dan III	6.
7.	16 Desember 2023	Konsultasi BAB I, II, dan III	7.
8.	4 Januari 2024	ACC BAB I, II, dan III	8.
9.	25 Januari 2024	ACC Seminar Proposal	9.
10.	29 Februari 2024	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	10.
11.	7 Maret 2024	Konsultasi BAB IV dan V	11.
12.	22 Maret 2024	Konsultasi BAB IV dan V	12.
13.	25 April 2024	Konsultasi BAB IV dan V	13.
14.	29 April 2024	Konsultasi Kajian Agama BAB IV	14.
15.	30 April 2024	ACC Kajian Agama BAB IV	15.



**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

16.	11 Mei 2024	Konsultasi BAB IV dan V	16.
17.	16 Mei 2024	ACC BAB IV dan V	17.
18.	31 Mei 2024	ACC Seminar Hasil	18.
19.	8 Juni 2024	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	19.
20.	13 Juni 2024	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	20.
21.	20 Juni 2024	ACC Sidang Skripsi	21.
22.	26 Juni 2024	ACC Revisi Akhir	22.

Malang, 26 Juni 2024

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc.

NIP. 19741129 200012 2 005