

SKRIPSI

**OPTIMASI *GENERALIZED CROSS VALIDATION (GCV)*
DALAM MENENTUKAN MODEL TERBAIK PADA
*ANALISIS REGRESI PENALIZED SPLINE.***

(STUDI KASUS : DATA KURS TRANSAKSI UANG RUPIAH (IDR) TERHADAP DOLAR
AMERIKA (USD) PERIODE JANUARI 2020 - JUNI 2023)



GAYATRI PUTRI WIDOWATI
19106010035
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

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

2023

**OPTIMASI *GENERALIZED CROSS VALIDATION (GCV)*
DALAM MENENTUKAN MODEL TERBAIK PADA
ANALISIS REGRESI *PENALIZED SPLINE*.**

(STUDI KASUS : DATA KURS TRANSAKSI UANG RUPIAH (IDR) TERHADAP DOLAR
AMERIKA (USD) PERIODE JANUARI 2020 - JUNI 2023)

Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Derajat Sarjana
Matematika



diajukan oleh

GAYATRI PUTRI WIDOWATI

19106010035

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2023



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

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

Nama : Gayatri Putri Widowati

NIM : 19106010035

Judul Skripsi : Optimasi *Generalized Cross Validation (GCV)* dalam Menentukan Model Terbaik pada Analisis Regresi *Penalized Spline*. (Studi Kasus : Data Kurs Transaksi Uang Rupiah (IDR) Terhadap Dolar Amerika (USD) Periode Januari 2020 - Juni 2023)

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

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 9 Agustus 2023

Pembimbing

Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19741003 200003 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2257/Un.02/DST/PP.00.9/08/2023

Tugas Akhir dengan judul : OPTIMASI GENERALIZED CROSS VALIDATION (GCV) DALAM MENENTUKAN MODEL TERBAIK PADA ANALISIS REGRESI PENALIZED SPLINE.
(STUDI KASUS : DATA KURS TRANSAKSI UANG RUPIAH (IDR) TERHADAP DOLAR AMERIKA (USD) PERIODE JANUARI 2020 - JUNI 2023)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : GAYATRI PUTRI WIDOWATI
Nomor Induk Mahasiswa : 19106010035
Telah diujikan pada : Jumat, 18 Agustus 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 64e58d2b96539



Penguji I

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64e5c02704d7f



Penguji II

Arya Fendha Ibnu Shina, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64e40e70b5b3f



Yogyakarta, 18 Agustus 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64e5c027002af

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Gayatri Putri Widowati

NIM : 19106010035

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

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

Yogyakarta, 10 Agustus 2023



Gayatri Putri Widowati

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

KARYA TULIS SEDERHANA INI DIPERSEMBAHKAN

UNTUK :

KEDUA ORANG TUA, BAPAK AGUNG WIDIYASMAKA DAN
IBU TRISNAWATI

NENEK SURASMI DAN KAKEK PONIMAN, SERTA UTI
SARBINAH DAN AKUNG PARDJONO, DAN PAKDE RUDI
SANTOSO YANG TELAH MEMBERIKAN DO'A, DUKUNGAN,
CINTA DAN KASIH SAYANG YANG TULUS TAK
TERHINGGA.

KELUARGA, SAHABAT, TEMAN, DAN ORANG-ORANG BAIK
YANG PERNAH SAYA KENAL.

MATEMATIKA ANGKATAN 2019 DAN ALMAMATER
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA.

MOTTO

”It’s not your fault. It’s not my fault. It’s not our fault or anyone’s fault. We’re just humans who are doing our best and are doing what we can do.”

(Kim Namjoon)

”You were born to be real, not perfect.”

(Min Yoongi)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah Swt. yang telah memberi rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Optimasi *Generalized Cross Validation (GCV)* dalam Menentukan Model Terbaik pada Analisis Regresi *Penalized Spline*. (Studi Kasus : Data Kurs Transaksi Mata Uang Rupiah (IDR) Terhadap Dolar Amerika (USD) Periode Januari 2020 - Juni 2023). Selain itu, sholawat serta salam tidak lupa kita tujukan kepada Nabi Muhammad SAW yang syafaatnya ditunggu pada *yaumul qiyamah*. Skripsi ini ditulis untuk menyelesaikan salah satu syarat kelulusan yang nantinya akan diperoleh gelar sarjana matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Selama proses pengerjaan skripsi ini, penulis telah mendapat banyak kritik, saran, dukungan, maupun motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan rasa atau ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Matematika beserta jajarannya.
3. Ibu Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah berjasa dalam penyelesaian skripsi ini dan selalu membimbing dengan baik selama penulisan skripsi ini.
4. Ibu Malahayati, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dari awal perkuliahan sampai sekarang.
5. Seluruh dosen dan staf Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan ilmu dan pelayanan yang baik selama perkuliahan sampai pada selesainya penyusunan skripsi ini.

6. Kedua orang tua, Bapak Agung Widiyasmaka dan Ibu Trisnawati yang selalu memberikan kasih sayang yang tulus tanpa batas dan selalu mendukung saya dalam kondisi apapun.
7. Keluarga besar saya terutama Almh. Nenek Surasmi, Kakek Poniman, Uti Sarbinah, dan Alm. Akung Pardjono yang telah memberikan dukungan untuk saya selama ini.
8. Sahabat PULU-PULU saya, Ara Syaifha Nafia, Tsalisa Zuraida Aziroh, Devita Riska Nuraini, dan Indriani Wahyu Nur Pratiwi yang telah menemani masa kuliah saya baik dalam keadaan senang maupun sedih.
9. Teman-teman program studi Matematika angkatan 2019, yang telah berjuang bersama, selalu berbagi ilmu, dan pengalaman yang mengesankan.
10. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, terima kasih.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat, baik bagi penulis maupun semua pihak yang membutuhkan. Akhir kata, semoga kita selalu diberkahi oleh Allah Swt. sehingga kita dapat menjalani hidup dengan bahagia. *Aamiin ya Allah ya robbal alamiin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 9 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMBANG	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Tinjauan Pustaka	5
1.7. Sistematika Penulisan	6
II DASAR TEORI	8
2.1. Analisis Runtun Waktu	8
2.1.1. Asumsi Runtun Waktu	8

2.2. <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	10
2.3. Analisis Regresi	12
2.4. Regresi Nonparametrik	12
2.5. Spline	13
2.6. Regresi B-Spline	14
2.7. Basis-Basis <i>B-Spline</i>	14
2.8. Regresi Penalized Spline	15
2.9. Optimasi Regresi Penalized Spline	17
2.9.1. Generalized Cross Validation (GCV)	17
2.10. Uji Signifikansi Parameter	18
2.11. Uji Kelayakan Model	19
2.12. Nilai Kurs Rupiah Terhadap Dolar Amerika	20
2.12.1. Faktor yang Memengaruhi Perubahan Kurs	20
III METODE PENELITIAN	23
3.1. Jenis dan Sumber Data	23
3.2. Metode Pengumpulan Data	23
3.3. Variabel Penelitian	23
3.4. Metode Analisis Data	24
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Deskripsi Data	27
4.2. Analisis <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	28
4.2.1. Uji Asumsi Stasioneritas Data Runtun Waktu	28
4.2.2. Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>	29
4.2.3. Uji Signifikansi Model <i>Autoregressive Moving Average</i>	31
4.3. Pemilihan Banyak Knot dan λ Optimal	33
4.4. Estimasi Parameter Regresi <i>P-Spline</i>	34

	xi
4.5. Uji Signifikansi Parameter	34
4.6. Interpretasi Model	35
4.7. Uji Kelayakan Model	41
4.8. Prediksi Data Kurs IDR Terhadap USD dengan Model <i>P-Spline</i> . .	42
4.9. Pembahasan	42
V PENUTUP	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	50
A Data Penelitian	50
B Source Code Program R	51
Curriculum Vitae	68

DAFTAR TABEL

2.1	Analisis Variansi (ANOVA)	19
4.1	Nilai AIC dari Model ARIMA	30
4.2	Estimasi Parameter Model ARIMA	31
4.3	Titik Knot dan λ Optimal Untuk Masing - Masing Orde	33
4.4	Estimasi Parameter dengan Metode GCV	34
4.5	Analisis Uji F Parameter Model <i>P-Spline</i>	35
4.6	Uji Kinerja Model Menggunakan Nilai <i>Mean Percentage Error</i> (MA-PE)	41
4.7	Perbandingan Nilai Prediksi dan Nilai Aktual Data Kurs IDR terhadap USD	42

DAFTAR GAMBAR

4.1	Plot Data Kurs Rupiah terhadap Dolar Amerika Periode Januari 2020 - Juni 2023	27
4.2	Plot Data Kurs Rupiah terhadap Dolar Amerika Periode Januari 2020 - Juni 2023 Setelah Dilakukan Diferensi Satu Kali.	29
4.3	Grafik Uji ACF	30
4.4	Grafik Uji PACF	30
4.5	Grafik Prediksi ARIMA(2,1,0) dengan Data Aktual	32
4.6	Grafik Perbandingan Data Aktual, Prediksi ARIMA(2,1,0) dan Prediksi <i>P-Spline</i>	43

DAFTAR LAMBANG

- p, P : *autoregressive*
 q, Q : *moving average*
 Z_t : nilai variabel pada waktu ke- t
 ϕ_p : parameter *autoregressive* orde p
 d : pembeda (*differencing*)
 θ_q : parameter *moving average* orde q
 ϵ_t : residual pada waktu ke- t
 m : orde
 u : jumlah titik knot
 k : titik knot
 j : letak titik knot
 x_i : data ke- i
 n : banyak data
 B : basis *B-Spline*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

INTISARI

Optimasi *Generalized Cross Validation (GCV)* dalam Menentukan Model Terbaik pada Analisis Regresi *Penalized Spline*.

(Studi Kasus : Data Kurs Transaksi Uang Rupiah (IDR) Terhadap Dolar Amerika (USD) Periode Januari 2020 - Juni 2023)

Oleh

GAYATRI PUTRI WIDOWATI

19106010035

Data runtun waktu adalah data yang dikumpulkan dari jangka waktu tertentu yang memiliki interval yang sama. Salah satu contoh dari data runtun waktu yaitu data kurs transaksi mata uang. Metode yang dapat digunakan dalam memodelkan data runtun waktu salah satunya adalah dengan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Dalam ARIMA terdapat tiga asumsi yang harus terpenuhi yaitu asumsi *whitenoise*, asumsi stasioneritas, dan asumsi normalitas. Namun, karena sifat dari data runtun waktu yaitu fluktuatif menyebabkan rentan terjadinya pelanggaran asumsi. Terdapat alternatif dalam melakukan analisis dengan menggunakan regresi *Penalized Spline* atau *P-Spline*. Tujuan penelitian ini adalah mencari model terbaik untuk data kurs rupiah terhadap dolar amerika menggunakan regresi *P-Spline*. Model dapat diperoleh dengan pemilihan kombinasi antara jumlah titik knot, orde, dan lambda dengan menggunakan optimasi *Generalized Cross Validation (GCV)*. Setelah model didapatkan, akan dilakukan uji kelayakan model untuk melihat kinerja model dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Didapatkan kombinasi optimal di orde 3 dengan 2 titik knot dan lambda sebesar 0.01, nilai GCV 118.041 dan MAPE sebesar 0.8104854. Model terbaik *P-Spline* yang diperoleh yaitu $\hat{y} = 13707.95B_{-2,3}(x) + 15307.64B_{-1,3}(x) + 14001.73B_{0,3}(x) + 15396.86B_{1,3}(x) + 15389.91B_{2,3}(x)$. Berdasarkan interpretasi model, ketika nilai kurs bernilai minimum yaitu Rp. 13800.90, maka pada waktu berikutnya nilai kurs akan meningkat sebesar Rp. 13708. Lalu untuk nilai tukar bernilai maksimum yaitu Rp. 15946.77, maka nilai kurs akan meningkat sebesar Rp. 15390.

Kata Kunci: GCV, MAPE, *Penalized Spline*, Regresi *P-Spline*, Runtun Waktu

ABSTRACT

Generalized Cross Validation (GCV) Optimization in Determining The Best Model in The Penalized Spline Regression Analysis.

By

GAYATRI PUTRI WIDOWATI

19106010035

Time series data is a data that collected from a certain period of time that have the same interval. One of the example of data time series is currency exchange rate data. One of the methods that can be used to model time series data is ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). In ARIMA there is three assumptions that must be met, there are the white noise assumption, the stationary assumption, and the normality assumption. However, due to fluctuating characteristic in time series data causes violation of assumptions. There is an alternative by using Penalized Spline Regression or P-Spline. The purpose of this study is to find the best model for data on the rupiah exchange rate against the US dollar using the P-Spline regression. The model can be obtained by selecting a combination of the number of knots, orders, and lambda using Generalized Cross Validation (GCV) optimization. After the model is obtained, model feasibility test will be carried out to see the model's performance using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The optimal combination is obtained at order 3 with 2 knot points and lambda of 0.01, GCV value of 118.041 and a MAPE value of 0.810485. The best P-Spline model obtained is $\hat{y} = 13707.95B_{-2,3}(x) + 15307.64B_{-1,3}(x) + 14001.73B_{0,3}(x) + 15396.86B_{1,3}(x) + 15389.91B_{2,3}(x)$. Based on the interpretation, when the minimum exchange rate is Rp. 18900.90, then the next time exchange rate will increase by Rp. 13708. Also for the exchange rate the maximum value is Rp. 15946.77, then the exchange rate will increase by Rp. 15390.

Keywords: *GCV, MAPE, P-Spline, Penalized Spline, Time Series*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Data runtun waktu banyak ditemui di dalam kehidupan manusia sehari-harinya, misalkan data harga saham periode tertentu, data indeks harga konsumen, data jumlah uang beredar, jumlah lulusan mahasiswa pertahun, data kurs atau nilai tukar uang, dan lainnya. Salah satu data runtun waktu yang cukup populer untuk dikaji adalah data kurs transaksi mata uang Rupiah (IDR) terhadap Dolar Amerika (USD). Data runtun waktu adalah data yang dikumpulkan dari jangka waktu tertentu yang memiliki interval yang sama. Analisis pada data runtun waktu dilakukan untuk mendapatkan suatu kesimpulan yang dilihat berdasarkan prediksi dari data runtun waktu. Metode yang dapat digunakan dalam memodelkan data runtun waktu salah satunya adalah dengan ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Metode ARIMA sendiri termasuk kedalam pemodelan parametrik yang harus memenuhi beberapa asumsi, diantaranya adalah asumsi *white noise*, asumsi stasioneritas, dan asumsi normalitas (Box et al., 2015).

Data kurs merupakan salah satu data runtun waktu yang bersifat fluktuatif. Hal tersebut berdampak pada tidak terpenuhinya asumsi parametrik, sehingga analisis data kurs menggunakan analisis nonparametrik. Karena dalam pemodelan nonparametrik tidak harus memperhatikan asumsi terikat seperti halnya dalam pemodelan parametrik. Analisis regresi nonparametrik diantaranya adalah *spline*, *kernel*, deret *fourier*, dan lainnya, dalam penelitian ini analisis nonparametrik yang dipilih yaitu regresi *spline*. Regresi *Spline* dipilih karena dapat memprediksi perilaku data berbeda dalam interval waktu yang berbeda pula. Selain itu model yang terbentuk dari regresi *Spline* cenderung memiliki tingkat fleksibilitas yang cukup tinggi (Eubank, 1999a).

Knot dapat diartikan sebagai suatu titik fokus dalam fungsi *spline* sedemi-

kian sehingga kurva yang dibentuk tersegmen pada titik tersebut. Regresi *Spline* merupakan potongan *truncated* polinomial tersegmen yang kontinu pada knot-knotnya. Terdapat basis fungsi yang umum digunakan yaitu *truncated power* basis, basis *B-Spline*, dan *P-Spline* (Eubank, 1999b). *Truncated power* basis mempunyai kelemahan yaitu saat jumlah knot semakin besar dan letak dari knot terlalu dekat maka akan mempengaruhi matriks persamaan normal yang mendekati singular, sehingga persamaan normal sulit untuk dianalisis. *B-Spline* juga memiliki kelemahan yaitu jika menggunakan knot yang besar maka model yang dihasilkan akan mengalami *overfit*. Berdasarkan kelemahan dari dua basis tersebut, terdapat alternatif lain yaitu menggunakan analisis regresi *P-Spline*.

Regresi *P-Spline* dikenal dengan pendekatan *smoothing* yang cenderung sederhana dan fleksibel (Hall & Opsomer, 2005). Pemilihan knot dalam pemodelan *P-Spline* cenderung fleksibel. Kelebihan regresi *P-Spline* adalah kemampuan untuk dapat mencegah terjadinya *overfitting* yang disebabkan oleh terlalu banyaknya knot yang digunakan dengan cara menambahkan kendala atau penalti ke parameter spline agar knot yang dipakai tidak berlebihan (Eilers & Marx, 1996).

Pembuatan model optimal regresi *P-Spline* tidak lepas dari aspek penting yaitu jumlah knot dan parameter penghalus. Pemilihan jumlah knot dan parameter penghalus optimal didapat berdasarkan kriteria optimasi. Optimasi yang dapat digunakan antara lain *Cross Validation* (CV), *Generalized Cross Validation* (GCV), *Akaike Information Criterion* (AIC), dan lainnya. Optimasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Generalized Cross Validation* (GCV). GCV dipilih karena perhitungannya sederhana, efisien, dan tidak memerlukan varian, serta invarian terhadap transformasi. Untuk mendapatkan model terbaik, dalam menggunakan optimasi GCV dilihat dari hasil nilai minimum. Estimasi parameter model regresi *P-Spline* akan terbentuk setelah kombinasi dari jumlah knot dan parameter penghalus didapatkan. Selanjutnya akan dilakukan uji untuk melihat apakah estimasi parameter dari model tersebut signifikan ataupun tidak. Pengujian parameter tersebut menggunakan uji F atau uji serentak. Dilanjut dengan pengujian kinerja model dalam meramalkan data kurs dengan menggunakan pengujian *Mean Percentage Absolute*

Error (MAPE). Kinerja model yang baik adalah model yang memiliki nilai MAPE sebesar kurang dari 10 persen.

Data kurs adalah pertukaran diantara dua mata uang yang berbeda, dapat disebut juga sebagai perbandingan nilai maupun harga dari kedua mata uang tersebut. Data kurs memiliki pengaruh yang besar dalam bidang ekonomi, salah satunya yaitu dalam investasi. Karena jika nilai tukar suatu mata uang melemah atau mengalami penurunan, maka suku bunga akan mengalami kenaikan, sehingga keuntungan yang akan diperoleh investor tidaklah maksimal (Alvian et al., 2019). Telah dilakukan beberapa penelitian mengenai data kurs Rupiah terhadap Dolar Amerika menggunakan analisis regresi nonparametrik, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Zuliana (2012), Katijaya et al., (2013), dan Saputri et al., (2015). Berdasarkan uraian di atas, penulis akan melakukan penelitian mengenai data kurs Rupiah terhadap Dolar Amerika menggunakan analisis regresi *P-Spline* dengan optimasi *Generalized Cross Validation* (GCV).

1.2. Batasan Masalah

Penulis menetapkan batasan masalah agar pokok bahasan tidak terlalu luas dan tepat dengan apa yang telah ditentukan. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan model optimasi regresi *Penalized Spline* menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV)
2. Menggunakan jumlah titik knot 1 sampai 4, dengan orde yang digunakan adalah orde 2 sampai 4, dan lambda 0.01 sampai 0.1
3. Pengolahan data menggunakan software R versi 4.2.2

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang masalah, dapat disusun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana teori analisis regresi *Penalized Spline*?
2. Bagaimana metode untuk menentukan parameter penghalus optimal dalam regresi *Penalized Spline*?
3. Bagaimana metode untuk menentukan model *P-Spline* yang baik dalam melakukan peramalan data Kurs Transaksi Mata Uang Rupiah (IDR) Terhadap Dolar Amerika (USD) Periode Januari 2020-Juni 2023?

1.4. Tujuan Penelitian

Hal-hal yang ingin penulis capai berdasarkan rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Mengkaji mengenai Regresi *Penalized Spline*.
2. Mengkaji mengenai metode untuk menentukan parameter penghalus optimal dalam regresi *Penalized Spline* yaitu *Generalized Cross Validation* (GCV).
3. Menentukan model *P-Spline* yang baik dalam melakukan peramalan data Kurs Transaksi Mata Uang Rupiah (IDR) Terhadap Dolar Amerika (USD) Periode Januari 2020-Juni 2023

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberi manfaat bagi berbagai pihak, diantaranya adalah :

1. Bagi Penulis
Sebagai wadah untuk membagi ilmu yang telah didapat mengenai regresi *penalized spline* serta menambah wawasan dan pengetahuan penulis.
2. Bagi Pembaca
Penelitian ini dapat dijadikan referensi serta tambahan wawasan dan pengetahuan tentang regresi *penalized spline*.

3. Bagi Fakultas Sains dan Teknologi

Pembahasan dan penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumber kajian materi mengenai Regresi *P-Spline*.

1.6. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka memuat kajian pustaka dari penelitian relevan sebelumnya dan berisi materi yang berkaitan dengan objek penelitian. Tinjauan pustaka diperlukan untuk melihat posisi penelitian ini terhadap penelitian sebelumnya.

Wangsih et al. (2022) melakukan penelitian tentang Regresi *P-Spline* dengan optimasi GCV. Data dalam penelitian ini adalah data historis kurs jual mata uang Dollar Amerika Serikat (USD) terhadap Rupiah pada hari aktif yang bersumber dari website resmi Bank Indonesia. Data dibagi menjadi dua, yaitu data in sample dari tanggal 1 Juli 2021 sampai 6 Oktober 2021 dan data out sample dari 7 Oktober 2021 sampai 29 Oktober 2021. Pengujian kinerja model menggunakan koefisien determinasi (R^2) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Selain itu penelitian mengenai data runtun waktu menggunakan regresi *P-Spline* juga dilakukan oleh Zia et al. (2017) dengan data longitudinal yaitu data harga penutupan saham LQ45 dengan Kurs USD terhadap Rupiah. Menggunakan optimasi GCV dan kinerja model diuji dengan MAPE. Berdasarkan kedua penelitian ini, penulis mendapatkan inspirasi untuk mengkaji regresi *P-Spline* dengan optimasi GCV pada data runtun waktu.

Penelitian Kurniasari et al. (2019) meneliti tentang data *cross section* dengan analisis regresi *P-Spline* yaitu data data IPM sebagai variabel respon dan data angka harapan hidup, gini rasio, harapan lama sekolah, penduduk miskin, serta kepadatan penduduk menjadi variabel prediktor. Analisis dilakukan menggunakan regresi *P-Spline* dengan optimasi GCV. Pemilihan model terbaik menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Pengolahan dan analisis data menggunakan program R.

Sriliiana et al. (2017) mengkaji tentang regresi *P-Spline* menggunakan me-

toode *Small Area Estimation* (SAE) dengan optimasi (GCV). Data yang diteliti yaitu data sekunder yang diambil dari BPS Provinsi Bengkulu, objek penelitian ini adalah desa yang menjadi sampel dalam SUSENAS 2014. Variabel respon yang digunakan adalah rata-rata pengeluaran perkapita, sedangkan variabel prediktornya adalah jumlah keluarga tanpa listrik (X_1), jumlah sarana pendidikan (X_2), jumlah sarana kesehatan (X_3), jumlah penerima jamkesmas (X_4), dan jumlah SKTM (X_5).

Penelitian Insiro et al. (2023) menganalisis data Indeks Pembangunan Gender Provinsi Jawa Barat menggunakan regresi *P-Spline*. Variabel respon yang digunakan yaitu Indeks Pembangunan Gender, variabel prediktor yaitu Angka Harapan Hidup Perempuan (X_1), Harapan Lama Sekolah Perempuan (X_2), Rata-rata Lama Sekolah Perempuan (X_3), Angka Partisipasi Sekolah SMA (X_4), presentase penduduk miskin (X_5), dan rasio jenis kelamin (X_6). Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah GCV.

Perbedaan dari penelitian ini dengan penelitian dari Kurniasari et al. (2019), Sriliana et al. (2017), Insiro et al. (2023) adalah jenis data yang dipakai. Ketiga penelitian tersebut menggunakan data *cross section* sedangkan penelitian ini menggunakan data runtun waktu. Persamaan dari penelitian ini terletak pada optimasi yang dipakai yaitu dengan GCV dan memfokuskan dalam regresi *P-Spline*.

1.7. Sistematika Penulisan

Gambaran secara umum dari penelitian ini akan dijelaskan dalam sistematika penulisan berikut ini :

1. BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, dan sistematika penulisan.

2. BAB II : DASAR TEORI

Bab ini membahas mengenai teori-teori yang berkaitan dan menjadi acuan penelitian.

3. BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini mengkaji tentang data yang digunakan dalam penelitian yang memuat jenis data, metode pengumpulan data, variabel penelitian, sumber data, dan metode analisis data.

4. BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai penjabaran dari hasil penelitian berdasarkan permasalahan yang sebelumnya telah ditentukan.

5. BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian dan saran-saran yang dapat diperbaiki untuk penelitian selanjutnya.

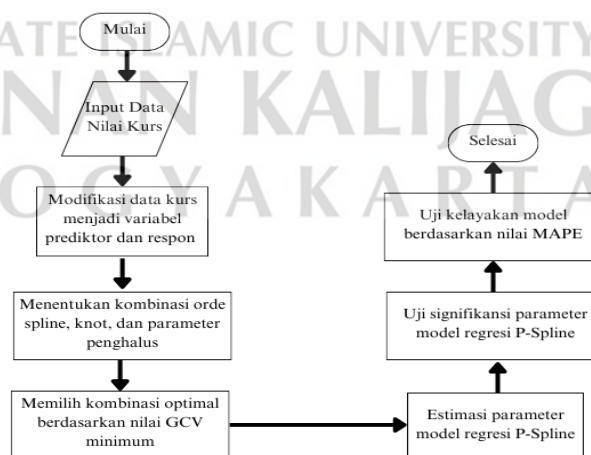
BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil penulis setelah menyelesaikan pembuatan skripsi ini adalah :

1. Langkah yang dilakukan untuk pemodelan data runtun waktu menggunakan regresi *P-Spline* adalah mengumpulkan data nilai kurs Rupiah (IDR) terhadap Dolar Amerika (USD) dan menentukan variabel prediktor serta variabel respon, memilih banyak knot dan parameter penghalus yang diinginkan, menentukan kombinasi antara orde, jumlah titik knot, dan parameter penghalus optimal berdasarkan nilai GCV minimum, mengestimasi parameter dari model *P-Spline* berdasarkan GCV, melakukan uji F atau uji serentak untuk menguji signifikansi parameter pada model, terakhir menguji kelayakan model regresi *P-Spline* berdasar nilai MAPE. Berikut ditampilkan *flowchart* langkah analisis data model regresi *P-Spline*



2. Kombinasi antara orde, jumlah titik knot, dan parameter penghalus yang optimal dilihat dengan nilai GCV minimum. Dipilih kombinasi dengan orde 3,

jumlah titik knot yaitu 2, parameter penghalus sebesar 0.01 dengan nilai GCV yang dihasilkan sebesar 118.041.

3. Kelayakan model diuji menggunakan MAPE, didapatkan hasil model regresi *P-Spline* lebih layak digunakan untuk melakukan prediksi dibandingkan dengan model ARIMA, karena nilai MAPE dalam model regresi *P-Spline* lebih kecil dibandingkan dengan nilai MAPE model ARIMA. Dengan nilai MAPE yang dihasilkan yaitu 0.8104854, selain itu model regresi *P-Spline* dinilai memiliki kinerja yang sangat baik dalam melakukan prediksi pada data nilai kurs Rupiah (IDR) terhadap Dolar Amerika (USD). Model regresi *P-Spline* yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = 13707.95B_{-2,3}(x) + 15307.64B_{-1,3}(x) + 14001.73B_{0,3}(x) + 15396.86B_{1,3}(x) + 15389.91B_{2,3}(x)$$

5.2. Saran

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data kurs Rupiah (IDR) terhadap Dolar Amerika (USD) dari Januari 2020 sampai dengan Juni 2023, kombinasi yang digunakan juga terbatas pada orde 2 sampai 4 orde, 1 titik knot sampai 4 titik knot, dan parameter penghalus dari 0.01 sampai 0.1 saja. Untuk penelitian selanjutnya, penulis berharap terdapat penambahan atau perbedaan kombinasi orde, jumlah titik knot, parameter penghalus, ataupun variabel pada data yang diujikan.
2. Pada penelitian ini metode yang digunakan dalam menentukan model regresi *P-Spline* adalah optimisasi *Generalized Cross Validation* (GCV). Terdapat berbagai macam optimisasi lain yang dapat digunakan dalam menentukan model regresi *P-Spline*. Penulis berharap pada penelitian selanjutnya terdapat banyak variasi metode lain yang digunakan untuk menentukan model regresi *P-Spline*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvian, L. A., Azari, C., et al. (2019). Pengaruh inflasi, nilai tukar dan tingkat suku bunga terhadap indeks harga saham gabungan (studi pada bursa efek indonesia periode 2015-2017). *Aplikasi Administrasi: Media Analisa Masalah Administrasi*, pages 18–30.
- Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time series analysis: forecasting and control*. John Wiley & Sons.
- 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.
- Eilers, P. H. & Marx, B. D. (1996). Flexible smoothing with b-splines and penalties. *Statistical science*, 11(2):89–121.
- Eubank, R. L. (1999a). *Nonparametric regression and spline smoothing*. CRC press.
- Eubank, R. L. (1999b). *Spline smoothing and nonparametric regression*. Number 04; QA278. 2, E8.
- Hall, P. & Opsomer, J. D. (2005). Theory for penalised spline regression. *Biometrika*, 92(1):105–118.
- Insiro, A. R., Handajani, S. S., & Subanti, S. (2023). Pemodelan indeks pembangunan gender provinsi jawa barat menggunakan regresi nonparametrik penalized spline. In *Prosiding Seminar Pendidikan Matematika dan Matematika*, volume 8.
- Iriawan, N. & Astuti, S. P. (2006). Mengolah data statistik dengan mudah menggunakan minitab 14. *Yogyakarta: Andi*.

- Kurniasari, W., Kusnandar, D., & Sulistianingsih, E. (2019). Estimasi parameter regresi spline dengan metode penalized spline. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 8(2).
- Meyler, A., Kenny, G., & Quinn, T. (1998). Forecasting irish inflation using arima models.
- Qudratullah, M. F. (2013). Analisis regresi terapan: Teori, contoh kasus, dan aplikasi dengan spss. *Yogyakarta: Andi*.
- Razak, F. A., Shitan, M., Hashim, A. H., & Abidin, I. Z. (2009). Load forecasting using time series models. *Jurnal Kejuruteraan*, 21:53–62.
- Ruppert, D., Wand, M. P., & Carroll, R. J. (2003). *Semiparametric regression*. Number 12. Cambridge university press.
- Shumway, R. H., Stoffer, D. S., & Stoffer, D. S. (2000). *Time series analysis and its applications*, volume 3. Springer.
- Soejoeti, Z. (1987). Analisis runtun waktu. *Jakarta: Universitas Terbuka*.
- Sriliana, I., Sunandi, E., & Rafflesia, U. (2017). Pemodelan kemiskinan di provinsi bengkulu menggunakan small area estimation dengan pendekatan semiparametrik penalized spline. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 40(2):134–140.
- Susanti, D. S., Sukmawaty, Y., & Salam, N. (2019). *Analisis Regresi dan Korelasi*. IRDH.
- Wangsih, G., Suparti, S., & Sudarno, S. (2022). Pemodelan kurs dollar amerika serikat terhadap rupiah menggunakan regresi penalized spline dilengkapi gui r. *Jurnal Gaussian*, 11(2):218–227.
- Wibowo, W., Haryatmi, S., & Budiantara, I. (2009). Metode kuadrat terkecil untuk estimasi kurva regresi semiparametrik spline. In *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY*.

Zia, N. G., Suparti, S., & Safitri, D. (2017). Pemodelan regresi spline menggunakan metode penalized spline pada data longitudinal (studi kasus: Harga penutupan saham lq45 sektor keuangan dengan kurs usd terhadap rupiah periode januari 2011-januari 2016). *Jurnal Gaussian*, 6(2):221–230.

Zuliana, S. U. (2012). Penerapan global ridge-regression pada peramalan data time series non linear studi kasus: Pemodelan nilai tukar us dolar terhadap rupiah. *Kaunia Jurnal Sains dan Teknologi*, 8(2):107–117.