

SKRIPSI

**PEMILIHAN MODEL REGRESI B-SPLINE TERBAIK
MENGUNAKAN METODE *AKAIKE INFORMATION
CRITERION* (AIC) PADA DATA RUNTUN WAKTU**

(STUDI KASUS : NILAI TUKAR MATA UANG RUPIAH (IDR) TERHADAP DOLAR
AMERIKA (USD) PERIODE JANUARI 2018 - JANUARI 2023)



INDRIANI WAHYU NUR PRATIWI
NIM. 19106010049
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

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

2023

**PEMILIHAN MODEL REGRESI B-SPLINE TERBAIK
MENGUNAKAN METODE *AKAIKE INFORMATION
CRITERION (AIC)* PADA DATA RUNTUN WAKTU**

(STUDI KASUS : NILAI TUKAR MATA UANG RUPIAH (IDR) TERHADAP DOLAR

AMERIKA (USD) PERIODE JANUARI 2018 - JANUARI 2023)

Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Derajat

Sarjana Matematika

Program Studi Matematika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
INDRIANI WAHYU NUR PRATIWI
SUNAN KALIJAGA
NIM. 19106010049
YOGYAKARTA

**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 : Indriani Wahyu Nur Pratiwi

NIM : 19106010049

Judul Skripsi : Pemilihan Model Regresi *B-Spline* Terbaik Menggunakan Metode *Akaike Information Criterion* (AIC) pada Data Runtun Waktu (Studi Kasus Nilai Tukar Rupiah (IDR) terhadap Dolar Amerika (USD) Periode Januari 2018 – Januari 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, 17 Mei 2023

Pembimbing I

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-1432/Un.02/DST/PP.00.9/06/2023

Tugas Akhir dengan judul : PEMILIHAN MODEL REGRESI B-SPLINE TERBAIK MENGGUNAKAN METODE AKAIKE INFORMATION CRITERION (AIC) PADA DATA RUNTUN WAKTU (STUDI KASUS NILAI TUKAR MATA UANG RUPIAH (IDR) TERHADAP DOLAR AMERIKA (USD) PERIODE JANUARI 2018 - JANUARI 2023)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : INDRIANI WAHYU NUR PRATIWI
Nomor Induk Mahasiswa : 19106010049
Telah diujikan pada : Senin, 29 Mei 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: 648172e7e95de



Penguji I

Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 648168d65e72a



Penguji II

Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64816c6aadb9a



Yogyakarta, 29 Mei 2023

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 6482ac7111482

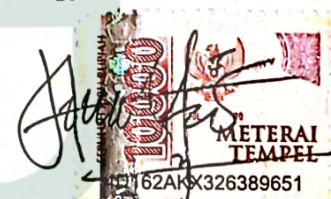
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Indriani Wahyu Nur Pratiwi
NIM : 19106010049
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, 19 Mei 2023



METERAI
TEMPEL
162AKX326389651

Indriani Wahyu Nur Pratiwi

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

KARYA SEDERHANA INI PENULIS PERSEMBAHKAN UNTUK:
KEDUA ORANG TUA PENULIS, BAPAK SUKARDI, IBU
INDAH WAHYUNI, DAN ADIK ANDRINA WAHYU RAFANI
YANG TELAH MEMBERIKAN DO'A, KASIH SAYANG,
DAN CINTANYA YANG SANGAT LUAR BIASA.
KELUARGA BESAR, SAHABAT, DAN SEMUA ORANG YANG
SANGAT BERJASA DALAM SETIAP PERJALANAN HIDUP PENULIS.
ALMAMATER KAMPUS TERCINTA YANG BANYAK MEMBERIKAN
WARNA SELAMA KURANG LEBIH 4 TAHUN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA.

"MATEMATIKA ANGKATAN 2019 TERCINTA"

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

"Allah tidak akan pernah membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(QS. Al-Baqarah: 286)

"Like a bird that flies high towards its destinations, I will also fly high and free towards my dreams."

(Indriani Wahyu Nur Pratiwi)

"Keep your eyes on the stars and your feet on the ground."

(Theodore Roosevelt)

"When the pain of an obstacle is too great, challenge yourself to be stronger."

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

(Unknown)

PRAKATA

Alhamdulillah rabbi' alamin puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat beserta petunjuk-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menuntaskan skripsi dengan judul **"Pemilihan Model Regresi *B-Spline* Terbaik Menggunakan Metode *Akaike Information Criterion* (AIC) pada Data Runtun Waktu"** sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika.

Arahan dari berbagai pihak, khususnya dari Ibu Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku pembimbing skripsi penulis yang telah memberikan banyak bantuan, masukan, serta motivasi kepada penulis, menjadi bagian terpenting dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, izinkan penulis untuk mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr.Phil. Al Makin, S.Ag., M.A., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan arahan, bimbingan, semangat, motivasi, pengetahuan, pengalaman, waktu, pikiran, beserta tenaganya kepada penulis, sehingga apa yang diberikan dapat menjadi acuan bagi penulis untuk menuntaskan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.

5. Ibu Malahayati, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan, nasihat, serta motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi dengan baik.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Matematika dan Staff Tata Usaha Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta atas ilmu, bimbingan, motivasi, serta pelayanan selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
7. Kedua orang tua tersayang dan tercinta (Bapak Sukardi dan Ibu Indah) yang selalu mendampingi serta memberikan perhatian, dukungan, doa, nasihat, dan semangat tanpa henti kepada penulis serta menjadi *reminder* bagi penulis untuk menuntaskan skripsi dengan jujur, baik, dan tepat waktu.
8. Adik tersayang dan tercinta Andrina Wahyu Rafani yang selalu memberikan semangat serta doa kepada penulis dan menjadi *reminder* bagi Penulis untuk menuntaskan skripsi dengan baik dan tepat waktu.
9. Keluarga besar Bapak Sukarjo dan Bapak Suratmo yang selalu memberikan perhatian, dukungan, nasihat, dan doa kepada penulis dalam setiap proses penyusunan skripsi ini.
10. NRP 01070178 yang selalu membersamai, membantu, memberikan dukungan, saran, dan waktu kepada Penulis.
11. Teman dekat Pulu-Pulu (Ara, Devita, Tsalisa, dan Putri) yang telah membawa *vibes* bahagia dan positif serta membantu dan membersamai penulis dalam berbagi suka dan duka selama proses penyusunan skripsi. Terima kasih atas waktu dan kebersamaannya yang telah memberikan banyak cerita, warna, dan kebahagiaan selama masa perkuliahan di tanah rantau ini.

12. Teman dekat semasa sekolah (Sella dan Lusi) yang telah membawa *vibes* positif bagi penulis. Semoga
13. Yusnidha Azzahra Nurrul Izza teman dekat semasa KKN hingga kini yang telah kebersamai penulis dalam berbagi suka dan duka selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas waktu dan kebersamaannya.
14. Teman-teman Program Studi Matematika angkatan 2019 dan teman-teman satu bimbingan yang saling menyemangati dan banyak membantu penulis dalam proses penyusunan Skripsi.
15. Semua pihak yang telah memberikan dukungan, doa, serta semangat kepada penulis yang tidak bisa penulis tuliskan satu per satu.

Semoga semua yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan limpahan berkah yang berlipat-lipat dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karenanya, penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak untuk perbaikan kedepannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
Yogyakarta, 17 Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMBANG	xv
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Batasan Masalah	4
1.3. Rumusan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Tinjauan Pustaka	6
1.7. Sistematika Penulisan	9
II LANDASAN TEORI	11
2.1. Analisis Runtun Waktu	11
2.1.1. Asumsi Stasioneritas	12

2.1.2.	Asumsi Normalitas	12
2.1.3.	Asumsi <i>White Noise</i>	13
2.2.	Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA)	14
2.3.	Analisis Regresi	15
2.3.1.	Regresi Parametrik	19
2.3.2.	Regresi Nonparametrik	19
2.3.3.	Regresi <i>Spline</i>	20
2.4.	Regresi <i>B-Spline</i>	21
2.5.	Basis-Basis <i>B-Spline</i>	22
2.6.	Optimisasi Regresi <i>B-Spline</i>	23
2.7.	Pengujian Signifikansi Parameter Model <i>B-Spline</i>	24
2.8.	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	25
2.9.	Nilai Tukar (Kurs)	26
2.9.1.	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Nilai Tukar	26
III	METODE PENELITIAN	29
3.1.	Jenis dan Sumber Data	29
3.2.	Variabel Penelitian	29
3.3.	Langkah-Langkah Analisis	29
3.4.	<i>Software</i> yang Digunakan	30
3.5.	<i>Source Code</i>	31
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1.	Deskripsi Data	32
4.2.	Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA)	33
4.2.1.	Asumsi Stasioneritas	34
4.2.2.	Identifikasi Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA)	35

4.2.3. Estimasi dan Uji Signifikansi Paramater	37
4.2.4. Pengujian Asumsi Residual Model ARIMA	37
4.3. Pemilihan Orde dan Jumlah Knot Optimal	39
4.4. Model Regresi <i>B-Spline</i> Terbaik	40
4.4.1. Interpretasi Model	41
4.5. Pengujian Signifikansi Parameter	44
4.6. Pengujian Kelayakan Model	45
4.7. Pembahasan	46
V PENUTUP	50
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	55
A Data Penelitian	55
B <i>Source Code</i> Program R	56
<i>Curriculum Vitae</i>	78

DAFTAR TABEL

2.1	Analisis Variansi (ANOVA)	25
4.1	Nilai AIC Model ARIMA	37
4.2	Estimasi Parameter Model ARIMA	37
4.3	Titik Knot Optimal untuk Masing-Masing Orde	40
4.4	Estimasi Parameter Menggunakan Metode AIC	41
4.5	Analisis Uji Serentak Parameter Model <i>B-Spline</i>	45
4.6	Uji Kinerja Model Menggunakan Nilai <i>Mean Percentage Error</i> (MA-PE)	45

DAFTAR GAMBAR

4.1	Plot Data Nilai Tukar Rupiah (IDR) terhadap Dolar Amerika (USD) Periode Januari 208 - Januari 2023	33
4.2	Grafik Diferensi Data Nilai Tukar Rupiah (IDR) terhadap Dolar Amerika (USD) Periode Januari 2018 - Januari 2023)	35
4.3	Grafik ACF Data Kurs	36
4.4	Grafik PACF Data Kurs	36
4.5	Grafik Prediksi Model $ARIMA(0,1,2)$	39
4.6	Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Data Prediksi Model <i>B-Spline</i> dan Model <i>Autoregressive Moving Average</i> (ARIMA)	48



DAFTAR LAMBANG

- p, P : *autoregressive*
- d : pembeda (*differencing*)
- q, Q : *moving average*
- Z_t : nilai variabel pada waktu ke- t
- ϕ_p : parameter *autoregressive* orde p
- θ_q : parameter *moving average* orde q
- ϵ_t : residual pada waktu ke- t dengan asumsi $\epsilon \sim NID(0, \sigma^2)$
- B : operator *backward shift*
- m : orde
- u : jumlah titik knot
- ν : titik knot
- l : letak titik knot
- x_i : data ke- i
- n : banyak data
- L : fungsi *likelihood*
- N : basis *B-Spline*
- $\hat{\beta}$: estimator koefisien regresi *B-Spline*
- α : nilai kepercayaan

INTISARI

PEMILIHAN MODEL REGRESI B-SPLINE TERBAIK MENGGUNAKAN METODE AKAIKE INFORMATION CRITERION (AIC) PADA DATA RUNTUN WAKTU

(Studi Kasus : Nilai Tukar Mata Uang Rupiah (IDR) terhadap Dolar Amerika (USD) Periode

Januari 2018 - Januari 2023)

Oleh

INDRIANI WAHYU NUR PRATIWI

NIM. 19106010049

Data nilai tukar mata uang merupakan data runtun waktu yaitu kumpulan data yang dihimpun berdasarkan waktu yang memiliki interval yang sama. Salah satu pemodelan data runtun waktu yang populer adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). ARIMA membutuhkan asumsi stasioneritas, asumsi normalitas, dan asumsi *white noise* yang harus dipenuhi sebagai syarat untuk membentuk model ARIMA. Apabila salah satu asumsi dilanggar maka salah satu pemodelan yang dapat dilakukan adalah regresi *B-Spline*. Tujuan penelitian ini adalah memodelkan nilai mata uang rupiah terhadap dolar Amerika yang dapat digunakan sebagai prediksi nilai tukar di masa mendatang dengan menggunakan regresi *B-Spline*. Model regresi *B-Spline* optimal diperoleh berdasarkan pemilihan kombinasi orde dan jumlah titik knot yang optimal menggunakan optimisasi *Akaike Information Criterion* (AIC). Selanjutnya diperoleh estimasi parameter model dan dilakukan pengujian kelayakan model untuk melihat kinerja model menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Diperoleh kombinasi orde dan jumlah titik knot optimal terdapat pada orde 3 (kuadratik) dan 2 titik knot dengan nilai AIC sebesar 857.8322 dan nilai MAPE sebesar 0.0148376. Model optimal yang diperoleh adalah: $\hat{y} = 13526.08N_{-2,3}(x) + 14177.5N_{-1,3}(x) + 14145.24N_{0,3}(x) + 15698.26N_{1,3}(x) + 15156.4N_{2,3}(x)$.

Kata Kunci: AIC, MAPE, Regresi *B-Spline*, Runtun Waktu

ABSTRACT

MODEL SELECTION FOR B-SPLINE REGRESSIONS USING AKAIKE INFORMATION CRITERION (AIC) METHOD FOR TIME SERIES DATA

By

INDRIANI WAHYU NUR PRATIWI

NIM. 19106010049

Currency exchange rate data is time series data, which is a collection of data taken at the equally interval in time sequentially. One of the popular time series data modeling is Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). ARIMA requires the assumption of stationarity, the assumption of normality, and the assumption of white noise that must be met as conditions to form the ARIMA model. If one of the assumptions is violated, B-spline regression can be an alternative. The purpose of this study is to construct the model of exchange rate of rupiah against the US dollar which can be used as a prediction of future exchange rates using B-spline regression. The optimal B-Spline regression model is obtained based on selecting the optimal combination of order and number of knot points using Akaike Information Criterion (AIC) optimization. Furthermore, an estimate of the model parameters was obtained and a model feasibility test was carried out to see the performance of the model using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value. The combination of order and the optimal number of knot points is obtained in order 3 (quadratic) and 2 knot points with an AIC value of 857.8322 and a MAPE value of 0.0148376. Optimal models that obtained is: $\hat{y} = 13526.08N_{-2,3}(x) + 14177.5N_{-1,3}(x) + 14145.24N_{0,3}(x) + 15698.26N_{1,3}(x) + 15156.4N_{2,3}(x)$.

Keywords: AIC, B-Spline Regression, MAPE, Time Series

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Runtun waktu merupakan sekumpulan data yang dihimpun berdasarkan waktu yang memiliki interval yang sama. Analisis runtun waktu merupakan suatu metode yang digunakan untuk melakukan prediksi pada data runtun waktu yang bertujuan untuk melihat perkembangan suatu kegiatan ekonomi dengan mempertimbangkan jenis pola tertentu sebagai dasar penarikan kesimpulan yang tepat. Secara umum terdapat empat jenis pola hubungan data runtun waktu yang dapat dijadikan pertimbangan dalam mengambil keputusan, yaitu pola horizontal, *trend*, musiman, dan siklis. Terdapat beberapa metode dalam memodelkan suatu data runtun waktu, salah satunya adalah model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Model ARIMA termasuk ke dalam pemodelan parametrik yang terikat oleh beberapa asumsi yaitu asumsi stasioneritas, asumsi normalitas, dan asumsi *white noise* (Box et al., 2016).

ARIMA dapat diaplikasikan pada data ekonomi, salah satunya adalah data nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika Serikat (kurs). Data kurs merupakan data runtun waktu yang dapat diprediksi dengan memperhatikan beberapa asumsi yang harus dipenuhi. Namun, kurs yang berfluktuasi seringkali menyebabkan pelanggaran asumsi parametrik, sehingga perlu dilakukan suatu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan mengabaikan kriteria asumsi terikat. Data yang tidak memerlukan asumsi terikat dapat dianalisis dengan menggunakan analisis regresi nonparametrik. Pendekatan nonparametrik memiliki beberapa metode yang dapat

digunakan dalam membentuk model pada data runtun waktu, yaitu estimator *Kernel* dan regresi *Spline*. Estimator *kernel* dapat digunakan untuk memodelkan data yang tidak memiliki pola tertentu dan penggunaannya lebih fleksibel. Sedangkan regresi *spline* dapat digunakan untuk memperkirakan perilaku data yang berbeda pada interval waktu yang berlainan (Eubank, 1999). Keduanya memiliki keunggulan masing-masing, namun disarankan untuk menggunakan regresi *Spline* sebagai alternatif pendekatan nonparametrik yang digunakan supaya model yang terbentuk memiliki fleksibilitas yang lebih tinggi.

Spline merupakan analisis regresi berupa potongan *truncated* polinomial tersegmen yang kontinu yang memiliki keunggulan mampu menyesuaikan data menjadi lebih efektif dari karakteristik data yang digunakan. Regresi *Spline* memiliki basis fungsi yang biasa digunakan dalam memodelkan data runtun waktu yaitu basis fungsi *truncated* (potongan) dan basis fungsi *B-spline*. Kekurangan dari basis *truncated* (potongan) yaitu pada saat orde tinggi, jumlah knotnya bertambah sehingga letak knot terlalu dekat akan mengakibatkan matriks persamaan normal yang hampir singular, sehingga persamaan tersebut tidak mudah untuk dianalisis dan dipecahkan. Adapun basis lain yang menjadi alternatif untuk menyelesaikan permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan *B-Spline* (Eubank, 1999).

Basis fungsi *B-Spline* merupakan basis alternatif bagi basis fungsi polinomial *truncated*. Berdasarkan aspek sifat maupun komputasinya, basis *B-Spline* banyak memberikan keuntungan, yaitu mudah diperoleh dan mampu menepatkan diri secara efektif terhadap karakteristik suatu fungsi karena basis *B-Spline* memiliki fleksibilitas yang tinggi dan derajat polinomialnya tidak bergantung pada *control point*nya melainkan bergantung pada orde polinomialnya.

Pemodelan menggunakan regresi *B-Spline* bergantung pada kombinasi orde

dan jumlah knot yang optimal. Salah satu optimisasi yang digunakan untuk mengetahui orde dan jumlah knot yang optimal adalah menggunakan optimisasi *Akaike Information Criterion* (AIC). Penelitian ini menggunakan optimisasi AIC dengan kombinasi orde 2 sampai 4 dan jumlah titik knot 1 sampai 4 titik knot. Pemilihan kombinasi tersebut umum digunakan untuk mempersingkat waktu dalam pengolahan data. Selain itu, pemilihan knot yang terlalu banyak dapat mengakibatkan kurva mengalami *overfitting*. Oleh karena itu, pemilihan orde terbatas pada orde 2 sampai 4 dan jumlah titik knot 1 sampai 4 titik knot. Setelah mendapatkan kombinasi orde dan jumlah knot optimal, maka akan terbentuk estimasi parameter model regresi *B-Spline*. Selanjutnya, melakukan uji signifikansi parameter untuk mengetahui signifikansi parameter model yang terbentuk. Setelah menguji signifikansi parameter model, langkah terakhir adalah menguji kelayakan model secara keseluruhan, pada penelitian ini penulis menggunakan nilai *Mean Percentage Absolute Error* untuk menguji kelayakan model regresi *B-Spline* dalam melakukan peramalan data nilai tukar mata uang rupiah (IDR) terhadap dolar Amerika (USD).

Selain itu, data nilai tukar mata uang rupiah terhadap dolar Amerika merupakan data runtun waktu yang dapat digunakan untuk prediksi di masa mendatang. Pada dasarnya data runtun waktu merupakan data yang mencatat kegiatan ekonomi harian, mingguan, bulanan, ataupun tahunan. Data tersebut dapat dianalisis dengan melakukan pemodelan data untuk mendapatkan nilai terbaik dan akurat. Terdapat beberapa penelitian tentang peramalan nilai tukar mata uang rupiah terhadap dolar Amerika yang menggunakan regresi non-parametrik, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Zuliana (2012), Katijaya et al. (2013), dan Saputri et al. (2015).

Nilai tukar mata uang atau yang dikenal dengan kurs merupakan nilai suatu valuta domestik terhadap valuta asing. Sebagai contoh nilai tukar mata uang Rupiah

terhadap dolar Amerika (USD) merupakan harga satu rupiah terhadap satu USD begitupun sebaliknya. Pemerintah menjadi kontrol resmi yang melakukan perubahan nilai tukar untuk suatu negara yang menggunakan sistem nilai tukar tetap. Kestabilan kurs dolar terhadap rupiah memegang peranan yang sangat penting bagi pelaku investasi yang aktif menanamkan modalnya.

Kurs merupakan perbandingan nilai tukar mata uang dua negara yang berbeda. Perubahan kurs sangat berpengaruh pada kegiatan investasi dan keuntungan yang diperoleh seorang investor di masa mendatang. Apabila kurs melemah, maka suku bunga akan naik, dan indeks harga saham akan menurun, sehingga keuntungan yang diperoleh tidak maksimal (Alvian et al., 2019). Oleh karena itu, seorang investor harus mampu memprediksi nilai kurs agar dapat memperkirakan keuntungan yang akan diperoleh di masa mendatang. Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan di atas, penulis akan membahas tentang pemilihan model regresi terbaik menggunakan metode *Akaike Information Criterion* (AIC) pada data runtun waktu.

1.2. Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan untuk menghindari adanya penyempitan atau pelebaran pokok masalah sehingga penelitian jadi lebih terarah. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pemilihan titik knot optimal berdasarkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) minimum.
2. Menggunakan jumlah titik knot sebanyak 1 sampai 4 dengan orde 2 sampai orde 4.
3. Software yang digunakan adalah bahasa pemrograman R versi 4.2.2.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah di atas, terdapat beberapa rumusan masalah yang dapat dibuat sebagai berikut:

1. Bagaimana langkah-langkah analisis menggunakan regresi *B-Spline*?
2. Bagaimana cara menentukan orde dan jumlah knot yang optimal dalam regresi *B-Spline*?
3. Bagaimana menentukan model terbaik yang layak digunakan untuk memodelkan data Nilai Tukar Rupiah (IDR) terhadap Dolar Amerika (USD)?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Melakukan analisis tentang regresi *B-Spline*.
2. Menentukan kombinasi orde dan jumlah knot optimal menggunakan optimisasi regresi *B-Spline* menggunakan metode *Akaike Information Criterion* (AIC).
3. Memilih model terbaik pada data Nilai Tukar Mata Uang Rupiah (IDR) terhadap Dolar Amerika (USD) menggunakan kriteria nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan mengenai regresi *B-Spline*, optimisasinya, serta penerapan teori dalam kasus nilai tukar mata uang rupiah (IDR) terhadap dollar

Amerika (USD).

2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai rujukan dan pengembangan penelitian lebih lanjut bagi pembaca.

1.6. Tinjauan Pustaka

Penelitian Saluza et al. (2021) membahas tentang "Prediksi Data Time Series Harga Penutupan Saham Menggunakan Model Box Jenkins ARIMA". Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) yang digunakan untuk memprediksi harga saham PT Bank Neo Commerce Tbk (BBYB) dan PT Yello Integra Datanet Tbk (YELO) mulai dari 13 Maret 2020 sampai 13 Maret 2021. Hasil dari penelitian ini adalah model ARIMA(1,1,2) dengan nilai *Aikake Information Criterion* (AIC), *Bayesian Information Criterion* (BIC)/*Schawrz Bayesian Criterion* (BSC), *Log Likelihood*, dan *Root Mean Square Error* (RMSE).

Penelitian Susanti & Adji (2020) membahas tentang "Analisis Peramalan IHSG dengan Time Series Modeling ARIMA" yang bertujuan menguji model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) untuk peramalan data IHSG di Bursa Efek Indonesia. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dengan studi kasus data IHSG harian dari 2 Januari 2017 sampai 3 Januari 2018. Hasil dari penelitian ini adalah model ARIMA(7,3,1) dengan nilai *Root Meas Squared Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Mean Percentage Error* (MAPE).

Penelitian Rusyida & Pratama (2020) membahas tentang "Prediksi Harga Saham Garuda Indonesia di Tengah Pandemi *Covid-19* Menggunakan Metode ARIMA". Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Autoregressive Integra-*

ted Moving Average (ARIMA) dengan studi kasus data historis harga saham harian sejak 22 April 2019 sampai 20 April 2020. Hasil dari penelitian ini adalah model $ARIMA(3,1,2)$ dengan nilai *Root Meas Squared Error (RMSE)* terkecil sebesar 38.03.

Penelitian Rahasia et al. (2020) membahas tentang "Pemodelan Data *Time Series* dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik *B-Spline*". Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode regresi *B-Spline* yang digunakan untuk membentuk model terbaik dari data nilai tukar mata uang rupiah (IDR) terhadap dolar Amerika (USD), *Generalized Cross Validation (GCV)* yang digunakan untuk mengidentifikasi model regresi *B-Spline* yang terbentuk, dan koefisien determinasi (R^2) yang digunakan untuk menguji kelayakan model regresi *B-Spline*. Studi kasus dalam penelitian ini adalah data nilai tukar rupiah (IDR) terhadap dolar Amerika (USD) periode Januari 2014 - Januari 2018. Hasil dari penelitian ini adalah model regresi *B-Spline* terbaik diperoleh dengan pendekatan 2 titik knot yang terletak pada titik 11935.10 dan 12438.29 dengan nilai *GCV* sebesar 55683.09 dan nilai R^2 sebesar 1.00 sehingga dapat dikatakan bahwa model sangat layak digunakan untuk melakukan peramalan.

Penelitian Ariesta et al. (2021) membahas tentang "Estimasi Parameter Model Regresi Nonparametrik *B-Spline* pada Angka Kematian Maternal". Tujuan penelitian ini melakukan estimasi pada data angka kematian maternal di Provinsi Jawa Barat tahun 2019. Metode yang digunakan adalah regresi *B-Spline* dengan pendekatan metode *Ordinary Least Square (OLS)* yang digunakan untuk membentuk model terbaik pada data angka kematian maternal, *Generalized Cross Validation (GCV)* yang digunakan untuk mengidentifikasi model regresi *B-Spline* yang terbentuk, dan koefisien dterminasi (R^2) yang digunakan untuk menguji kelayakan

model regresi *B-Spline*.

Penelitian Dewi et al. (2020) membahas tentang "Pemodelan Kasus *pneumonia* pada Balita di Provinsi Bali Menggunakan Metode Regresi Nonparametrik *B-Spline*". Metode yang digunakan adalah regresi *B-Spline* yang digunakan untuk membentuk model terbaik pada data kasus *pneumonia* balita di Provinsi Bali tahun 2018, metode *Generalized Cross Validation* (GCV) yang digunakan untuk mengidentifikasi model regresi *B-Spline* yang terbentuk, *Mean Squared Error* (MSE) serta koefisien determinasi (R^2) yang digunakan untuk menguji kelayakan model regresi *B-Spline*. Hasil penelitian ini adalah model regresi *B-Spline* terbaik diperoleh pada kombinasi orde 3 dengan 5 titik knot dengan nilai GCV sebesar 6614.65, nilai MSE sebesar 841, dan nilai R^2 sebesar 0.8778634.

Penelitian Rahmawati et al. (2017) membahas tentang "Pemodelan Kasus Kemiskinan di Jawa Tengah Menggunakan Regresi Nonparametrik Metode *B-Spline*". Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi *B-Spline* untuk membentuk model terbaik dari kasus kemiskinan di Jawa Tengah tahun 2015, *Generalized Cross Validation* (GCV) yang digunakan untuk mengidentifikasi model regresi *B-Spline* yang terbentuk, dan koefisien determinasi (R^2) yang digunakan untuk menguji kelayakan model regresi *B-Spline*. Variabel respon dalam penelitian ini adalah persentase penduduk miskin (Y), sedangkan variabel prediktornya adalah laju pertumbuhan ekonomi sebagai variabel prediktor (X_1), tingkat pengangguran terbuka (X_2) dan tingkat pendidikan terakhir SMA ke atas (X_3). Hasil penelitian ini adalah model regresi *B-Spline* terbaik untuk variabel X_1 terletak pada kombinasi orde 2 dengan 1 titik knot, untuk variabel X_2 terletak pada kombinasi orde 2 dengan 1 titik knot, dan untuk variabel X_3 terletak pada kombinasi orde 2 dengan 2 titik knot dengan nilai GCV sebesar 9.79353 dan nilai R^2 sebesar 0.6778968.

Penelitian Fathurahman (2010) membahas tentang "Pemilihan Model Regresi Terbaik Menggunakan *Akaike's Information Criterion* (AIC). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis regresi dan *Akaike Information Criterion* yang digunakan untuk membentuk model terbaik pada data nilai Ujian Nasional Sekolah Menengah Kejuruan Negeri (SMKN) 1 Samarinda. Berdasarkan model yang dihasilkan diperoleh bahwa nilai *try out*, nilai kompetensi, dan nilai ujian sekolah mempengaruhi nilai Ujian Nasional siswa SMKN 1 Samarinda.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah diuraikan, terlihat bahwa metode yang umum digunakan dalam menentukan kombinasi orde dan jumlah knot optimal dalam regresi *B-Spline* adalah metode *Generalized Cross Validation* dengan pengujian kelayakan model menggunakan nilai koefisien determinasi (R^2). Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk melakukan pemodelan regresi *B-Spline* menggunakan metode *Akaike Information Criterion* (AIC) dengan kriteria nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Selain itu, peneliti akan membentuk model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) sebagai perbandingan kelayakan model dalam membentuk model regresi *B-Spline* terbaik dengan studi kasus nilai tukar mata uang rupiah (IDR) terhadap dolar Amerika (USD).

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan kajian berupa konsep-konsep teori yang menjadi acuan, berisi

landasan teori, hipotesis, dan rancangan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metode penelitian yang digunakan dalam memecahkan masalah yang meliputi jenis penelitian dan sumber data, variabel penelitian serta langkah-langkah analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi analisis data dan pembahasan terperinci dari permasalahan yang dikaji.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari pembahasan atas permasalahan yang telah dikaji dan saran dari penulis untuk penelitian di masa mendatang.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berikut akan diberikan kesimpulan-kesimpulan dari penelitian yang dilakukan:

1. Dalam memodelkan data menggunakan regresi *B-Spline*, beberapa langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menentukan perkiraan model regresi *B-Spline* berdasarkan orde dan jumlah titik knot yang diinginkan, menentukan kombinasi orde dan jumlah titik knot optimal berdasarkan nilai AIC minimum, mengestimasi parameter model regresi *B-Spline* terbaik berdasarkan kriteria AIC, menguji signifikansi parameter terhadap model yang dibangun menggunakan uji serentak, dan menguji kelayakan model berdasarkan nilai MAPE. Tahapan analisis tersebut menghasilkan informasi yaitu ketika nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika bernilai minimum sebesar Rp.13380.36, maka nilai tukar akan meningkat sebesar Rp.13500. Sedangkan ketika nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika bernilai maksimum sebesar Rp.15867.43, maka nilai tukar akan meningkat sebesar Rp.15157.
2. Kombinasi orde dan jumlah titik knot yang optimal diperoleh dengan melihat nilai AIC minimum pada setiap orde dan jumlah titik knot yang diuji. Diperoleh kombinasi orde dan jumlah titik knot optimal terdapat pada orde 3 dan jumlah titik knot sebanyak 2 dengan nilai AIC sebesar 857.8322.
3. Berdasarkan uji kelayakan model menggunakan nilai MAPE. Model regresi *B-Spline* merupakan model yang lebih baik yang layak digunakan dibanding

model ARIMA. Selain itu, model regresi *B-Spline* memiliki kinerja yang sangat baik dalam melakukan peramalan pada data nilai tukar mata uang rupiah (IDR) terhadap dolar Amerika (USD) karena memiliki nilai MAPE yang lebih kecil dibandingkan model ARIMA. Berikut model regresi *B-Spline* optimal.

$$\hat{y} = 13526.08N_{-2,3}(x) + 14177.5N_{-1,3}(x) + 14145.24N_{0,3}(x) + 15698.26N_{1,3}(x) + 15156.4N_{2,3}(x)$$

5.2. Saran

1. Penelitian ini menggunakan satu variabel yaitu data nilai tukar rupiah (IDR) terhadap dolar Amerika (USD) periode Januari 2018 - Januari 2023 yang terbatas pada kombinasi orde 2 sampai orde 3 dengan 1 sampai 4 jumlah titik knot. Penulis berharap penelitian yang telah dilakukan ini dapat menjadi bahan rujukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, baik dari segi penambahan kombinasi orde dan knot maupun variabel yang digunakan.
2. Metode yang digunakan dalam menentukan model regresi *B-Spline* terbaik adalah menggunakan optimisasi *Akaike Information Criterion* (AIC). Optimisasi ini merupakan satu dari banyaknya pilihan optimisasi yang dapat digunakan. Penulis berharap adanya variasi optimisasi yang digunakan untuk membentuk model regresi *B-Spline* terbaik dalam pengembangan penelitian selanjutnya.

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. (2016). *Time Series Analysis: Forecasting and Control (5th ed.)*. John Wiley & Sons.
- Brockwell, P. J. & Davis, R. A. (2016). *Introduction to Time Series and Forecasting (3rd ed.)*. Springer.
- 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.
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R. (2004). Multimodel inference: understanding aic and bic in model selection. *Sociological methods & research*, 33(2):261–304.
- Chang, P.-C., Wang, Y.-W., & Liu, C.-H. (2007). The development of a weighted evolving fuzzy neural network for pcb sales forecasting. *Expert Systems with Applications*, 32(1):86–96.
- Chatfield, C. (1988). Apples, oranges and mean square error. *International Journal of Forecasting*, 4(4):515–518.
- Dewi, I. G. A. M. V., Srinadi, I. G. A. M., & Susilawati, M. (2020). Pemodelan kasus pneumonia pada balita di provinsi bali menggunakan metode regresi non-parametrik b-spline. *E-Jurnal Matematika*, 9(3):197–204.

- Eubank, R. L. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing (2nd ed.)*. Marcel Dekker Inc.
- Goodwin, P. & Lawton, R. (1999). On the asymmetry of the symmetric mape. *International Journal of Forecasting*, 15(4):405–408.
- Hadi, S. (2004). *Analisis regresi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. H., & Friedman, J. H. (2009). *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*, volume 2. Springer.
- Indonesia, B. (2022). Informasi kurs jisdor. <https://www.bi.go.id/id/statistik/informasi-kurs/jisdor/Default.aspx>. Diakses pada tanggal 17 Desember 2022 pukul 12.47 WIB.
- Konishi, S. & Kitagawa, G. (2008). *Information criteria and statistical modeling*.
- Qudratullah, M. F. (2013). *Analisis regresi terapan: Teori, contoh kasus, dan aplikasi dengan spss*.
- Rahasia, Z., Resmawan, R., & Isa, D. R. (2020). Pemodelan data time series dengan pendekatan regresi nonparametrik b-spline. *AKSIOMA: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 11(1):9–16.
- Saluza, I., Sartika, D., Astuti, L. W., Faradillah, F., Desitama, L., & Purnamasari, E. D. (2021). Prediksi data time series harga penutupan saham menggunakan model box jenkins arima. *Jurnal Informatika Global*, 12(2).
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4):591–611.

Shumway, R. H., Stoffer, D. S., & Stoffer, D. S. (2000). *Time Series Analysis and Its Applications*, volume 3. Springer.

Simorangkir, I. (2004). Sistem dan kebijakan nilai tukar. *Seri Kebanksentralan*, 12.

Supandi, E. D. (2020). *Statistika dan Terapannya*. Refika Aditama.

Suparti, A. P., Santoso, R., & Devi, A. R. (2018). *Regresi Nonparametrik*. WADE Group.

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.

