

PENERAPAN METODE
MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE (MARS)
DENGAN ESTIMATOR NADARAYA-WATSON FUNGSI
KERNEL GAUSSIAN

(Studi Kasus: Kurs Rupiah Terhadap *US Dollar* Tahun 2012-2017)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Jurusan Statistika



Aufa Praba Raditya

14 611 151

JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR

Judul : Penerapan Metode *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) dengan Estimator Nadaraya-Watson Fungsi Kernel Gaussian
(Studi Kasus: Kurs Rupiah Terhadap *US Dollar* Tahun 2012-2017)

Nama Mahasiswa : Aufa Praba Raditya

Nomor Mahasiswa : 14 611 151

**TUGAS AKHIR INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI UNTUK
DIUJIKAN**

Yogyakarta, 2 Juni 2018

Pembimbing



Prof. Akhmad Fauzy, S.Si., M.Si., Ph.D.

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PENERAPAN METODE
MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE (MARS)
DENGAN ESTIMATOR NADARAYA-WATSON FUNGSI
KERNEL GAUSSIAN
(Studi Kasus: Kurs Rupiah Terhadap US Dollar Tahun 2012-2017)

Nama Mahasiswa : Aufa Praba Raditya

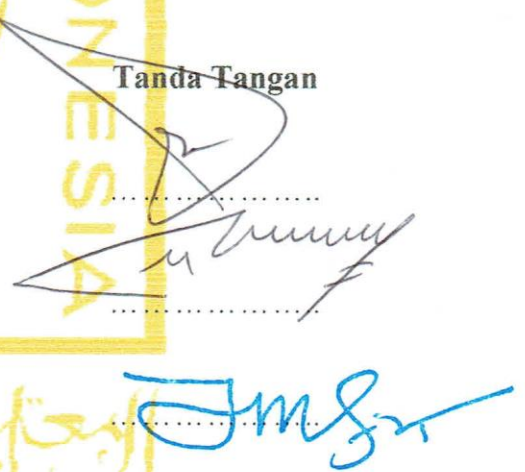
Nomor Mahasiswa : 14 611 151

TUGAS AKHIR INI TELAH DIUJIKAN
PADA TANGGAL 2 JUNI 2018

Nama Penguji

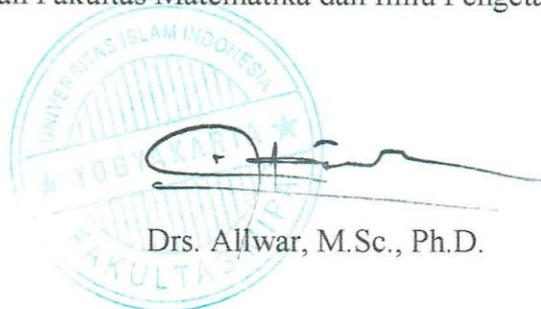
- 1 Ir. Sukirman, M.M.
- 2 Muhammad Muhajir, S.Si., M.Sc.
- 3 Prof. Akhmad Fauzy, S.Si., M.Si., Ph.D.

Tanda Tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, taufiq dan hidayah-Nya berupa keimanan, kekuatan, kesabaran, kelancaran serta keselamatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para pengikutnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia. Tugas akhir yang berjudul “Penerapan Metode *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) dengan Estimator Nadaraya-Watson Fungsi Kernel Gaussian” harapannya dapat memberikan wawasan dan mengenalkan penerapan ilmu statistika dalam hal pengolahan data.

Penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis bermaksud menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. RB Fajriya Hakim, S.Si., M.Si., selaku Kepala Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Prof. Akhmad Fauzy, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan motivasi selama penyusunan tugas akhir.
4. Seluruh dosen dan staff pengajar Prodi Statistika Universitas Islam Indonesia yang selalu berbagi ilmu baik dalam bidang akademik maupun non akademik.

5. Kedua orang tua tercinta, Papah dan Mamah yang telah mencurahkan kasih sayangnya, memberikan doa, bantuan moril maupun materil, serta kedua adik terkasih, Rakha Bintang Pangestu dan Hayu Nayla Aura Rinjani yang selalu memberikan semangat, do'a dan motivasi.
6. Teman-teman PTL yang sudah banyak memberikan semangat dan bantuan dalam memulai dan menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Keluarga besar INVISIO, sebagai tim promosi dan publikasi prodi Statistika UII, terimakasih atas kebersamaan, kekeluargaan, kelucuan, kekompakan, dan pelajaran berharga lainnya.
8. Teman-teman kontrakan, Guntur, Alan, Samsudin dan Husni yang sudah banyak memberikan nasehat dan keceriaan dalam hal apapun selama kuliah.
9. Mega Luna Suliztia yang selalu memberikan keceriaan, dukungan, dan motivasi kepada penulis.
10. Teman-teman KKN unit 415 Kecamatan Sekaran, Dusun Sekaran, Afan, Wildan, Dedi, Nisa, Merta, Rara, Lia dan Nita, suka dan duka yang telah dilalui bersama tidak akan pernah terlupakan.
11. Teman-teman Jurusan Statistika yang sudah banyak memberikan semangat dan dukungan selama penulisan tugas akhir ini.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Hal tersebut karena keterbatasan ilmu dan pengetahuan penulis semata. Penulis menerima kritik dan saran yang membangun demi perbaikan tugas akhir ini. Harapannya penelitian ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan bagi penulis dan semua pihak yang membutuhkan. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua. Aamiin ya robbal 'alamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh

Yogyakarta, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PERNYATAAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Batasan Masalah.....	6
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Nilai Tukar (Kurs) Rupiah Terhadap <i>US Dollar</i>	8
2.2. <i>Multivariate Adaptive Regression Spine (MARS)</i>	9
2.3. Estimator Nadaraya-Watson Dengan Fungsi Kernel Gaussian ...	10
BAB III. LANDASAN TEORI	
3.1. Kurs Rupiah/US Dollar	11
3.1.1. Pengertian Kurs	11
3.1.2. Sistem Kurs.....	11
3.1.3. Penentuan Nilai Kurs	13
3.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kurs.....	13
3.2.1. Suku Bunga	13

3.2.2. Inflasi.....	14
3.2.3. Cadangan Devisa	15
3.2.4. Ekspor.....	15
3.2.5. Impor	16
3.3. Analisis Deskriptif.....	16
3.4. Analisis Regresi.....	17
3.5. Regresi Nonparametrik	17
3.6. <i>Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS)</i>	18
3.7. <i>Generalized Cross Validation (GCV)</i>	22
3.8. Pengujian Parameter Model Regresi.....	23
3.9. Pengujian Signifikansi Model MARS.....	25
3.10. Estimasi Nonparametrik	26
3.11. Estimator Densitas Kernel.....	27
3.12. Regresi Kernel.....	28
3.13. Estimator Nadaraya-Watson	29
3.14. Estimator Nadaraya-Watson dengan Fungsi Kernel Gaussian ..	29
3.15. Pemilihan <i>Bandwidth</i>	30
BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN	
4.1. Populasi Penelitian	32
4.2. Jenis dan Sumber Data	32
4.3. Variabel dan Definisi Operasional	32
4.4. Metode Analisis Data	33
4.5. Tahapan Penelitian	34
4.5.1. Tahapan Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS).....	34
4.5.2. Tahapan Estimasi Nadaraya-Watson Fungsi Kernel Gaussian	35
4.6. Alur Penelitian.....	36
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1. Analisis Deskriptif.....	38
5.1.1. Statistik Deskriptif Kurs Rupiah/US Dollar.....	38

5.1.2. Statistik Deskriptif Suku Bunga	39
5.1.3. Statistik Deskriptif Inflasi	41
5.1.4. Statistik Deskriptif Cadangan Devisa	42
5.1.5. Statistik Deskriptif Ekspor	44
5.1.6. Statistik Deskriptif Impor	46
5.2. Uji Asumsi Model Regresi	48
5.2.1. Uji Normalitas	48
5.2.2. Uji Heterokedastisitas	50
5.2.3. Uji Autokorelasi	51
5.3. Estimasi Model MARS	51
5.4. Model MARS Terbaik	53
5.5. Pengujian Signifikansi Model MARS	54
5.5.1. Uji Simultan	55
5.5.2. Uji Parsial	55
5.6. Interpretasi Model MARS	56
5.7. Tingkat Kepentingan Variabel Prediktor	58
5.8. Nadaraya-Watson Dengan Fungsi Kernel Gaussian	59
5.8.1. Uji Linearitas dan Uji Normalitas	59
5.8.2. Pemilihan <i>Bandwidth</i> Pada Data Kurs Rupiah/US Dollar ...	60
5.8.3. Kurva Estimasi	61
5.8.4. Perbandingan RMSE	62
5.8.5. Perbandingan Data Asli & Hasil Estimasi	63
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan	66
6.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	71

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Macam-macam Fungsi Kernel	28
Tabel 4.1 Definisi Operasional Variabel	32
Tabel 5.1 Statistik Deskriptif Variabel Kurs Rupiah/ <i>US Dollar</i>	38
Tabel 5.2 Statistik Deskriptif Suku Bunga	39
Tabel 5.3 Statistik Deskriptif Inflasi.....	41
Tabel 5.4 Statistik Deskriptif Cadangan Devisa.....	43
Tabel 5.5 Statistik Deskriptif Ekspor	44
Tabel 5.6 Statistik Deskriptif Impor	46
Tabel 5.7 One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test.....	50
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Glejser	50
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Durbin-Watson.....	51
Tabel 5.10 <i>Trial and Error</i> Estimasi Model MARS	52
Tabel 5.11 Nilai <i>Bandwidth</i> Data Kurs Rupiah/ <i>US Dollar</i>	61
Tabel 5.12 Nilai RMSE Data Kurs Rupiah/ <i>US Dollar</i>	63
Tabel 5.13 Perbandingan Data Asli & Hasil Estimasi.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pergerakan Kurs Rupiah Terhadap <i>US Dollar</i> Tahun 2012-2017	2
Gambar 4.1 <i>Flowchart</i> Analisis Metode MARS	36
Gambar 4.2 <i>Flowchart</i> Estimasi Nadaraya-Watson Tipe Kernel Gaussian	37
Gambar 5.1 Grafik Kurs Rupiah/US Dollar	39
Gambar 5.2 Grafik Suku Bunga	40
Gambar 5.3 <i>Scatterplot</i> antara Kurs (Y) dengan Suku Bunga (X_1).....	40
Gambar 5.4 Grafik Inflasi.....	41
Gambar 5.5 <i>Scatterplot</i> antara Kurs (Y) dengan Inflasi (X_2).....	42
Gambar 5.6 Grafik Cadangan Devisa	43
Gambar 5.7 <i>Scatterplot</i> antara Kurs (Y) dengan Cadangan Devisa (X_3)	44
Gambar 5.8 Grafik Ekspor.....	45
Gambar 5.9 <i>Scatterplot</i> antara Kurs (Y) dengan Ekspor (X_4)	46
Gambar 5.10 Grafik Impor	47
Gambar 5.11 <i>Scatterplot</i> antara Kurs (Y) dengan Impor (X_5).....	48
Gambar 5.12 Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual	49
Gambar 5.13 Output Pemodelan Data Menggunakan Metode MARS.....	54
Gambar 5.14 Tingkat Kepentingan Variabel Prediktor	58
Gambar 5.15 Plot Nilai Tukar (Kurs) Rupia/US Dollar terhadap Waktu.....	59
Gambar 5.16 Kurva Hasil Estimasi Kurs Rupiah/US Dollar	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap US Dollar.....	72
Lampiran 2. Output Pengolahan Data Menggunakan SPSS (Metode MARS)...	74
Lampiran 3. Tabel Durbin-Watson dengan $\alpha = 0,05$	76
Lampiran 4. Data Penelitian setelah Standarisasi.....	77
Lampiran 5. Output Model MARS terbaik.....	79
Lampiran 6. <i>Script</i> Program estimasi dengan <i>software</i> R 3.1.1.....	82
Lampiran 7. Output Pengolahan Data Menggunakan SPSS dan R (Estimator Nadaraya-Watson).....	84
Lampiran 8. Hasil Estimasi Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap <i>US Dollar</i>	87

PERNYATAAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang sebelumnya pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di sutau Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang diacu dalam naskah ini dan disebutkan daftar pustaka.

Yogyakarta, Mei 2018



PENERAPAN METODE
MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE (MARS)
DENGAN ESTIMATOR NADARAYA-WATSON FUNGSI
KERNEL GAUSSIAN

(Studi Kasus: Kurs Rupiah Terhadap *US Dollar* Tahun 2012-2017)

Aufa Praba Raditya

Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

INTISARI

Analisis regresi nonparametrik digunakan apabila salah satu asumsi parameter regresi tidak terpenuhi dan tidak diketahui bentuk kurva regresi. Regresi nonparametrik merupakan analisis regresi dengan pendugaan model dilakukan berdasarkan pendekatan yang tidak terikat asumsi bentuk kurva regresi tertentu, namun dibentuk sesuai dengan informasi yang ada dalam data. Metode MARS merupakan salah satu metode yang menggunakan pendekatan regresi nonparametrik dan data berdimensi tinggi yaitu data yang memiliki jumlah variabel prediktor sebesar $3 \leq p \leq 20$ dan sampel data yang berukuran $50 \leq n \leq 1000$. Salah satu jenis fungsi yang dapat digunakan untuk menduga bentuk regresi nonparametrik adalah fungsi kernel Gaussian. Terdapat beberapa estimator yang dapat digunakan salah satunya adalah estimator Nadaraya-Watson.

Metode analisis MARS pada Kurs Rupiah Terhadap *US Dollar* dengan melakukan pengujian parameter model regresi nonparametrik, standarisasi, dan model MARS diperoleh dari kombinasi nilai fungsi basis (BF), Maksimum Interaksi (MI), dan Minimum Observasi (MO) secara *trial and error*. Hasil penelitian estimasi MARS terbaik pada Kurs Rupiah Terhadap *US Dollar* adalah BF=20, MI=2, dan MO=1, GCV terkecil 0,07317 dengan bentuk persamaan $Y = -0.38782 + 1.55461 * BF_1 + 0.89569 * BF_2 + 1.04045 * BF_3 + 0.897598 * BF_4 - 0.348961 * BF_5 - 1.66159 * BF_6 + 0.902904 * BF_7 + 0.925205 * BF_{13} - 1.13864 * BF_{15} - 0.680814 * BF_{18}$. Besar tingkat pentingnya variabel-variabel prediktor terhadap model terbaik yaitu Suku Bunga (X_1) sebesar 100%, Impor (X_5) sebesar 89,48%, Cadangan Devisa (X_3) sebesar 33,52%, dan Inflasi (X_2) sebesar 6,364%.

Metode estimasi dengan estimator Nadaraya-Watson pada Kurs Rupiah Terhadap *US Dollar* dengan nilai RMSE yang paling kecil diperoleh menggunakan metode *bandwidth* "Complete Cross Validation". Hasil estimasi menunjukkan bahwa pada nilai parameter *bandwidth* "Complete Cross Validation" menghasilkan kurva yang tidak cukup mulus tetapi nilai hasil estimasinya dekat dengan titik data aktual.

Kata Kunci : *Regresi Nonparametrik, Estimasi, Kurs, MARS, GCV, Regresi Kernel, Fungsi Gaussian, Estimator Nadaraya-Watson, Cross Validation, Bandwidth.*

APPLICATION METHOD MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE (MARS) WITH NADARAYA-WATSON ESTIMATOR KERNEL GAUSSIAN FUNCTION

(Case Study: Rupiah Exchange Rate of US Dollar Year 2012-2017)

Aufa Praba Raditya

Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences

Islamic University of Indonesia

ABSTRACT

Nonparametric regression analysis is used when one of the assumption of regression parameter is not fulfilled and unknown form regression curve. Nonparametric regression is a regression analysis with model estimation based on unconstrained approach of assumption of certain regression curve form, but formed according to information in data. MARS method is one method that uses nonparametric regression approach and high-dimensional data is data that has a predictor variable amount of $3 \leq p \leq 20$ and sample data size $50 \leq n \leq 1000$. One type of function that can be used to predict nonparametric regression is the function of the Gaussian kernel. There are several estimators that can be used one of which is the Nadaraya-Watson estimator.

MARS analysis method in Rupiah Exchange Rate to US Dollar by testing parameters of nonparametric regression model, standardization, and MARS model is obtained from the combination of Basis Function (BF), Maximum Interaction (MI), and Minimum Observation (MO) values in trial and error. The best MARS estimation result on the Rupiah Exchange Rate against US Dollar is $BF = 20$, $MI = 2$, and $MO = 1$, the smallest GCV 0,07317 with the form of equation $Y = -0.38782 + 1.55461 * BF_1 + 0.89569 * BF_2 + 1.04045 * BF_3 + 0.897598 * BF_4 - 0.348961 * BF_5 - 1.66159 * BF_6 + 0.902904 * BF_7 + 0.925205 * BF_{13} - 1.13864 * BF_{15} - 0.680814 * BF_{18}$;. The level of importance of predictor variables to the best model is the Interest Rate (X_1) of 100%, Import (X_5) of 89.48%, Foreign Exchange Reserves (X_3) of 33.52%, and Inflation (X_2) of 6.364%.

The estimation method with the Nadaraya-Watson estimator on the Rupiah Exchange Rate against US Dollar with the smallest RMSE value is obtained using the "Complete Cross Validation" bandwidth method. The estimation results show that the value of the "Complete Cross Validation" bandwidth parameter yields an insufficient curve but the estimated value is close to the actual data point.

Keywords: Nonparametric Regression, Estimation, Exchange Rate, MARS, GCV, Kernel Regression, Gaussian Function, Nadaraya-Watson Estimator, Cross Validation, Bandwidth.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tatanan perekonomian Indonesia telah berubah akibat adanya krisis keuangan global yang diawali dengan terjadinya krisis ekonomi Amerika Serikat pada awal tahun 2008. Krisis ekonomi tersebut berdampak ke negara-negara lain di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Kinerja perekonomian Indonesia menurun karena adanya krisis keuangan global. Hal ini membawa dampak pada kondisi perekonomian Indonesia menjadi tidak stabil yang kemudian berpengaruh pada faktor ekonomi dan faktor non ekonomi. Faktor ekonomi antara lain inflasi, tingkat suku bunga, jumlah uang beredar, pendapatan nasional dan posisi neraca pembayaran internasional sedangkan faktor non ekonomi antara lain ketahanan nasional, politik, sosial budaya, dan keamanan (Atmadja, 2002).

Menurut Laporan Tahunan Bank Indonesia Tahun 2008, di Indonesia, imbas krisis mulai terasa terutama menjelang akhir 2008. Hal itu tercermin pada perlambatan ekonomi secara signifikan terutama karena anjloknya kinerja ekspor. Di sisi eksternal, neraca pembayaran Indonesia mengalami peningkatan defisit dan nilai tukar Rupiah mengalami pelemahan signifikan. Nilai tukar (kurs) merupakan nilai atau harga mata uang sebuah negara yang diukur atau dinyatakan dalam mata uang negara lain, yang digunakan untuk melakukan perdagangan internasional.

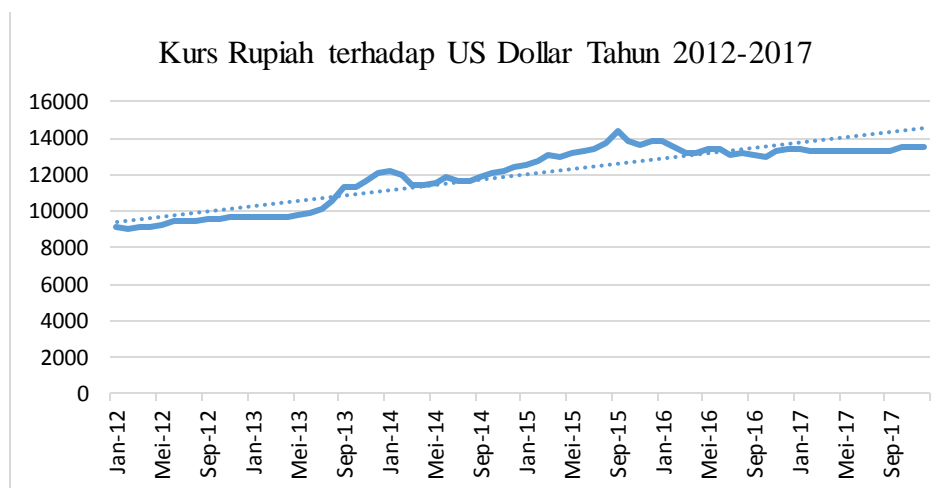
Ketidakstabilan nilai tukar (kurs) Rupiah mempengaruhi arus modal atau investasi dan perdagangan Internasional. Indonesia sebagai negara yang banyak mengimpor bahan baku industri mengalami dampak dari ketidakstabilan kurs ini, dapat dilihat dari melonjaknya biaya produksi sehingga menyebabkan harga barang-barang milik Indonesia mengalami peningkatan. Melemahnya Rupiah menyebabkan perekonomian Indonesia menjadi goyah sehingga dilanda krisis ekonomi dan kepercayaan terhadap mata uang dalam negeri (Triyono, 2008).

Kurs Rupiah di 2014 mengalami depresiasi terhadap dolar AS namun mencatat apresiasi terhadap mata uang mitra dagang utama lainnya. Depresiasi

Rupiah terhadap *US Dollar* terjadi pada triwulan IV-2014 dikarenakan kuatnya apresiasi *US Dollar* terhadap hampir seluruh mata uang utama sejalan dengan rilis data perbaikan ekonomi AS dan rencana kenaikan suku bunga *Fed Fund Rate* (Bank Indonesia, 2015)

Melemahnya kurs Rupiah terhadap *US Dollar*, tidak terlepas dari pengaruh ekonomi global, namun dapat juga dipengaruhi oleh faktor dari dalam negeri, diantaranya cadangan devisa, suku bunga, inflasi, neraca pembayaran, dan rasio ekspor terhadap impor. Berdasarkan sudut pandang teori makro ekonomi, ada empat faktor yang dapat mempengaruhi nilai tukar, yaitu tingkat suku bunga, tingkat inflasi, peredaran uang, dan neraca pembayaran (Dapaole, 2016).

Kurs yang berfluktuatif akan mengalami apresiasi atau depresiasi. Apresiasi adalah peningkatan nilai mata uang domestik terhadap nilai mata uang asing, sedangkan depresiasi yaitu penurunan nilai mata uang domestik terhadap nilai mata uang asing. Kondisi perekonomian yang diharapkan adalah kurs Rupiah yang stabil dan mengalami apresiasi.



Gambar 1.1. Pergerakan Kurs Rupiah Terhadap *US Dollar* Tahun 2012-2017

Berdasarkan pada grafik diatas, ternyata dari tahun 2012-2017 kurs Rupiah terhadap *US Dollar* mengalami kecenderungan kenaikan setiap bulannya. Gejala kurs yang cenderung naik tidak sesuai dengan sasaran kepentingan jangka panjang karena kestabilan nilai tukar dapat mendistorsi tingkat daya saing ekonomi,

mengurangi efisiensi alokasi sumber daya dan meningkatkan ketidakpastian bagi para pelaku ekonomi (Dapaole, 2016).

Berbagai masalah ini perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui akar masalahnya. Melihat fakta-fakta diatas, dapat diindikasikan bahwa banyak sekali faktor yang mempengaruhi kurs Rupiah terhadap *US Dollar*. Sehingga perlu dilakukan identifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai tukar (kurs), agar dapat dipergunakan sebagai perencanaan perekonomian sehingga perekonomian Indonesia lebih terarah dan lebih baik.

Terdapat beberapa pendekatan analisis yang digunakan untuk mengetahui hubungan dan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai tukar (kurs), salah satunya analisis regresi. Analisis regresi merupakan salah satu metode statistika yang dapat menggambarkan ketergantungan atau mencari hubungan fungsional antara satu variabel respon (variabel dependen) dengan satu atau lebih variabel prediktor (variabel independen). Dalam penelitian ini, kurs Rupiah terhadap *US Dollar* adalah variabel respon dan variabel prediktornya adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kurs Rupiah terhadap *US Dollar* yaitu tingkat suku bunga di Indonesia, tingkat inflasi, cadangan devisa, ekspor dan impor.

Dalam menjelaskan pola hubungan variabel respon dengan variabel prediktor dapat digunakan pendekatan kurva regresi. Pendekatan kurva regresi yang sering digunakan adalah pendekatan regresi parametrik, dimana diasumsikan bentuk kurva regresi diketahui (seperti linier, kuadratik, dan kubik) berdasarkan teori yang dapat memberikan informasi hubungan (Draper dan Smith, 1992). Namun, tidak semua pola hubungan dapat didekati dengan pendekatan parametrik, karena tidak adanya suatu informasi mengenai bentuk hubungan variabel respon dan variabel prediktor. Jika bentuk kurva tidak diketahui dan pola menyebar maka kurva regresi dapat diduga menggunakan pendekatan model regresi nonparametrik. Apalagi tes nonparametrik tidak memerlukan pengukuran seperti yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tes parametrik. Regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam mengestimasi kurva regresi (Eubank, 1999).

Salah satu metode regresi nonparametrik adalah *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) yang pertama kali dipopulerkan oleh Friedman (1991).

Model MARS berguna untuk mengatasi permasalahan data yang berdimensi tinggi, yaitu data yang memiliki jumlah variabel prediktor sebesar $3 \leq p \leq 20$ dan sampel data yang berukuran $50 \leq n \leq 1000$. MARS merupakan pengembangan dari pendekatan *Recursive Partitioning Regression* (RPR) yang dikombinasikan dengan metode *Spline* sehingga model yang dihasilkan kontinu pada knot yaitu garis regresi selalu menyambung, dimana tiap knot selalu menyambung dengan fungsi basisnya.

Model MARS terbaik didapatkan dengan cara mengkombinasikan Basis Fungsi (BF) yang nilainya dua sampai empat kali jumlah variabel prediktor, Maksimum Interaksi (MI) yang nilainya 1,2, dan 3 dengan asumsi jika lebih dari tiga akan menghasilkan model yang kompleks dan sulit diinterpretasikan, dan Minimum Observasi (MO) dengan nilai 0, 1, 2, dan 3 secara *trial and error* dan melihat *Generalized Cross Validation* (GCV) minimum.

Pada regresi nonparametrik data akan mencari bentuk estimasinya sendiri tanpa dipengaruhi oleh subjektivitas dari peneliti, sehingga pendekatan regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi. (Eubank, 1999). Ada beberapa teknik untuk mengestimasi kurva regresi dalam regresi nonparametrik, yaitu estimator kernel, histogram, spline, deret fourier, wavelets, orthogonal (Budiantara, 2004). Selain metode MARS, salah satu pendekatan regresi nonparametrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi kernel. Pada regresi kernel dikenal suatu estimator yang biasanya digunakan untuk mengestimasi fungsi regresi yaitu estimator Nadaraya-Watson.

Estimasi dengan pendekatan kernel tergantung pada dua parameter yaitu *bandwidth* dan fungsi kernel. Ada tujuh fungsi kernel antara lain Uniform, Triangle, Epanechnikov, Quartic, Triweight, Gaussian, dan Cosinics. Diantara ke-tujuh fungsi kernel tersebut pada penelitian ini dipilih fungsi kernel Gaussian. Sedangkan *bandwidth* adalah parameter pemulus (*smoothing*) yang berfungsi untuk mengontrol kemulusan kurva yang diestimasi. *Bandwidth* yang terlalu kecil akan menyebabkan fungsi yang diestimasi tersebut menjadi sangat kasar sehingga hubungan variansinya tinggi dan memiliki potensi bias yang rendah. Sebaliknya jika *bandwidth* yang terlalu besar menyebabkan fungsi yang diestimasi tersebut menjadi sangat mulus sehingga hubungan variansinya rendah dan memiliki potensi

bias yang besar. Oleh karena itu, diperlukan pemilihan *bandwidth* optimal (Saputra, 2016).

Pemilihan *bandwidth* yang optimal dilakukan dengan cara memperkecil tingkat kesalahan. Semakin kecil tingkat kesalahan semakin baik estimasinya. Untuk menentukan kebaikan suatu estimator dapat dilihat dari tingkat kesalahannya. Menurut Aydin (2007: 253-257), kriteria untuk menentukan estimator terbaik dalam model regresi nonparametrik, antara lain *Mean Square Error* (MSE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Semakin kecil tingkat kesalahannya semakin baik estimasinya. *Bandwidth* yang digunakan pada jurnal Guidom (2015: 1-22) yaitu *Bandwidth Rule of Thumb*, *Unbiased Cross Validation*, *Biased Cross Validation*, dan *Complete Cross Validation*. Dari ke-empat *bandwidth* tersebut akan dipilih *bandwidth* yang memiliki tingkat kesalahan yang paling kecil.

Berdasarkan uraian diatas, maka penerapan *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) dan Estimator Nadaraya-Watson cocok digunakan untuk data Kurs Rupiah terhadap *US Dollar* dan faktor-faktor yang mempengaruhinya dalam bidang makro maupun mikro dengan pendekatan regresi nonparametrik. Sehingga, penulis akan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi Kurs Rupiah terhadap *US Dollar* menggunakan model *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) dengan pemilihan model terbaik menggunakan kriteria *Generalized Cross Validation* (GCV) minimum dan mengestimasi kurs Rupiah terhadap *US Dollar* menggunakan estimator Nadaraya-Watson tipe kernel Gaussian serta pemilihan *bandwidth* yang paling optimal.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Penerapan Metode *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) dengan Estimator Nadaraya-Watson Fungsi Kernel Gaussian”**.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis deskriptif kurs Rupiah terhadap *US Dollar* dan faktor-faktor yang mempengaruhinya ?

2. Bagaimana pemodelan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) terbaik kurs Rupiah terhadap *US Dollar* menggunakan kriteria *Generalized Cross Validation* (GCV) ?
3. Bagaimana pengaruh dan tingkat pentingnya variabel-variabel prediktor terhadap model terbaik yang diperoleh ?
4. Bagaimana hasil estimasi kurs Rupiah terhadap *US Dollar* dan pemilihan *bandwidth* estimator Nadaraya-Watson dengan fungsi Kernel Gaussian ?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak meluas, maka dalam penelitian ini diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, batasan masalah dalam penelitian ini yaitu hanya mengkaji faktor ekonomi yang mempengaruhi kurs Rupiah terhadap *US Dollar* yaitu Suku Bunga, Inflasi, Cadangan Devisa, Ekspor, dan Impor.
2. Jumlah data yang digunakan dalam penelitian ini ialah 72, terhitung dari bulan Januari 2012 sampai Desember 2017.
3. Pemilihan *bandwidth* estimator Nadaraya-Watson hanya menggunakan fungsi Kernel Gaussian.
4. Pengolahan data menggunakan bantuan *software Ms.Excel*, IBM SPSS 22, *software R* versi 3.3.1, dan SPM 8.0.

1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan latar belakang masalah dan perumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui analisis deskriptif kurs Rupiah terhadap *US Dollar* dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.
2. Mengetahui hasil pemodelan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) pada variabel prediktor kurs Rupiah terhadap *US Dollar* terbaik menggunakan kriteria *Generalized Cross Validation* (GCV).

3. Mengetahui hasil estimasi kurs Rupiah terhadap *US Dollar* dan pemilihan *bandwidth* estimator Nadaraya-Watson dengan fungsi kernel Gaussian.
4. Mengetahui pengaruh dan tingkat pentingnya variabel-variabel prediktor terhadap model terbaik yang diperoleh.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang akan dicapai, maka manfaat dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi kurs Rupiah terhadap *US Dollar*, sehingga dapat menjadi acuan bagi pemerintah dalam pengambilan kebijakan perekonomian Indonesia.
2. Menambah dan memperkaya pengetahuan tentang penerapan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) dan Estimator Nadaraya-Watson dengan fungsi Kernel Gaussian serta penerapannya pada kurs Rupiah terhadap *US Dollar*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terdahulu sangat penting bagi penulis untuk mengetahui hubungan antara penelitian yang dilakukan sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan saat ini dan untuk menghindari duplikasi. Penulisan penelitian terdahulu untuk menunjukkan bahwa penelitian yang dilakukan tersebut mempunyai manfaat sehingga dapat diketahui kontribusi penelitian tersebut terhadap ilmu pengetahuan saat ini. Penulisan penelitian ini berangkat dari beberapa penelitian dengan tema serupa yang telah dilakukan.

2.1. Nilai Tukar (Kurs) Rupiah Terhadap *US Dollar*

Penelitian yang berkaitan dengan Nilai Tukar (Kurs) Rupiah Terhadap *US Dollar* telah dilakukan oleh Sarniati Dapaole (2016) yang berjudul “*Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kurs Rupiah Periode 1986-2015*”. Pada penelitian tersebut menggunakan beberapa variabel prediktor antara lain: cadangan devisa, suku bunga, inflasi, neraca pembayaran, dan rasio ekspor terhadap impor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: cadangan devisa berpengaruh negatif terhadap kurs rupiah periode 1986-2015, suku bunga tidak berpengaruh terhadap kurs rupiah periode 1986-2015, inflasi tidak berpengaruh terhadap kurs rupiah periode 1986-2015, neraca pembayaran berpengaruh positif terhadap kurs rupiah periode 1986-2015, rasio ekspor terhadap impor berpengaruh negatif terhadap kurs rupiah periode 1986-2015.

Selanjutnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Siti Aminah Ulfa (2011) dengan judul “*Pengaruh Jumlah Uang Beredar (JUB), Suku Bunga Sertifikat Bank Indonesia (SBI), Impor, Ekspor Terhadap Kurs Rupiah/Dollar Amerika Serikat Periode Januari 2006 Sampai Maret 2010*”. Penelitian ini menggunakan beberapa variabel prediktor antara lain: jumlah uang beredar, suku bunga, impor, dan ekspor. Hasil dari penelitian ini adalah jumlah uang beredar, suku bunga SBI dan impor

mempunyai pengaruh positif, sedangkan ekspor mempunyai pengaruh negatif terhadap kurs rupiah/dollar AS dan signifikan kecuali variabel impor.

Penelitian tersebut dapat dijadikan referensi bagi penulis untuk menggunakan variabel apa saja yang akan digunakan dalam memodelkan nilai tukar (kurs) rupiah terhadap *US Dollar*.

2.2. *Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS)*

Penelitian yang berkaitan *Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS)* salah satunya dilakukan oleh Wasis Wicaksono Jurusan FSM UNDIP (2014) yang berjudul “*Pemodelan Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) pada Faktor-faktor Resiko Angka Kesakitan Diare*”. Penelitian ini membahas penyebaran penyakit diare dan untuk menekan angka penyebaran diare perlu dilakukan analisis faktor-faktor terhadap penyakit diare. Analisis kurva regresi menggunakan model regresi nonparametrik. MARS merupakan salah satu metode regresi nonparametrik yang digunakan untuk data berdimensi tinggi. Model MARS terbaik mengkombinasikan MO, BF, dan MI secara *trial and error*. Model MARS digunakan untuk memprediksi angka kesakitan diare di Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Daerah Istimewa Yogyakarta adalah model MARS MO=2, BF=28, dan MI=3 dengan bentuk persamaan $Y = -0,526742 + 0,264444 * BF^2 + 12,2382 * BF^5 - 7,76719 * BF^{15} + 4,96445 * BF^{17}$.

Selanjutnya yaitu penelitian yang berjudul “*Estimasi Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) Pada Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG)*” yang dilakukan Elisa Desi Asriani (2016) dengan tujuan untuk mengetahui estimasi *Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS)* pada variabel prediktor Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) terbaik menggunakan kriteria *Generalized Cross Validation (GCV)*. Model terbaik yang digunakan dapat dilihat dari kriteria GCV terkecil, apabila memiliki nilai GCV terkecil yang sama dapat dilihat dengan pertimbangan nilai MSE terkecil, dan apabila memiliki nilai MSE yang sama juga maka dapat dilihat dengan pertimbangan nilai R^2 terbesar.

2.3. Estimator Nadaraya-Watson Dengan Fungsi Kernel Gaussian

Penelitian yang berkaitan dengan Estimator Nadaraya-Watson telah dilakukan oleh Joko Andy Saputra (2016) dalam skripsinya dengan judul “*Pemilihan Bandwidth Pada Estimator Nadaraya-Watson Dengan Tipe Kernel Gaussian Pada Data Time Series*” menjelaskan analisis estimator Nadaraya-Watson dengan tipe kernel Gaussian, memilih *bandwidth* pada *Rule of Thumb*, *Unbiased Cross Validation*, *Biased Cross Validation* dan *Complete Cross Validation* untuk mendapatkan *bandwidth* optimal, dan mendapatkan hasil estimasi setelah dilakukan pemilihan *bandwidth*. Fungsi kernel yang digunakan dalam skripsi ini adalah fungsi kernel Gaussian menggunakan data harga saham JII. Data harga saham Jakarta Islamic Indeks pada periode 1 Januari 2016 sampai dengan 30 April 2016 mengikuti asumsi linearitas tetapi tidak mengikuti asumsi normalitas. Metode “*Complete Cross Validation*” memberikan hasil estimasi dengan nilai MSE paling kecil dibandingkan dengan metode lain. Sehingga metode tersebut merupakan metode pemilihan *bandwidth* terbaik untuk mengestimasi data harga saham Jakarta Islamic Indeks pada periode 1 Januari 2016 sampai dengan 30 April 2016.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Kurs Rupiah Terhadap *US Dollar*

3.1.1 Pengertian Kurs

Beberapa pengertian kurs dikemukakan oleh beberapa tokoh antara lain, menurut Eachern (2000) kurs atau *exchange rate* mengukur harga suatu mata uang atas dasar mata uang yang lain. Semakin besar permintaan atas suatu mata uang atau semakin kecil penawarannya, maka semakin tinggi pula *exchange ratenya*. *Exchange rate* mempengaruhi harga barang impor, sehingga mempengaruhi arus perdagangan luar negeri.

Menurut Todaro (2000) kurs adalah suatu tingkat, tarif, harga dimana Bank Sentral bersedia menukar mata uang dari suatu negara dengan mata uang dari negara-negara lain. Kurs merupakan harga dari mata uang luar negeri. Kurs rupiah terhadap *US Dollar* memainkan peranan sentral dalam perdagangan internasional, karena kurs rupiah terhadap *US Dollar* memungkinkan kita untuk membandingkan semua harga barang dan jasa yang dihasilkan berbagai negara (Triyono, 2008).

Dapat disimpulkan bahwa kurs adalah harga dari satu mata uang dalam mata uang yang lain dan menunjukkan berapa rupiah yang diperlukan untuk mendapatkan satu *US Dollar*.

3.1.2. Sistem Kurs

Sistem nilai tukar dapat diklasifikasikan menurut seberapa jauh nilai tukar dikendalikan oleh pemerintah. Menurut Madura (2006), sistem kurs dapat dikategorikan dalam beberapa jenis berdasarkan pada seberapa kuat tingkat pengawasan pemerintah pada kurs, yaitu:

1. Sistem kurs tetap (*fixed exchange rate system*) adalah kurs mata uang dibuat konstan ataupun hanya diperbolehkan berfluktuasi dalam kisaran yang sempit. Apabila kurs mulai berfluktuasi terlalu besar maka

pemerintah akan melakukan intervensi untuk menjaga agar fluktuasi tetap berada pada kisaran yang diinginkan. Keuntungan sistem kurs tetap yaitu pada kondisi dimana kurs dibuat tetap, sebuah perusahaan internasional dapat melakukan kegiatan bisnisnya tanpa perlu khawatir terhadap perubahan nilai mata uang di kemudian hari. Kelemahannya yaitu adanya risiko bahwa pemerintah akan melakukan perubahan nilai mata uang secara mendadak, dan dari sisi makro sistem kurs tetap dapat membuat kondisi ekonomi sebuah negara menjadi sangat tergantung dari kondisi ekonomi negara lain.

2. Sistem kurs mengambang bebas (*freely floating exchange rate system*) adalah kurs ditentukan sepenuhnya oleh pasar tanpa intervensi dari pemerintah. Pada kondisi kurs yang mengambang, kurs akan disesuaikan secara terus-menerus sesuai dengan kondisi penawaran dan permintaan dari mata uang tersebut. Keuntungan dari sistem ini yaitu kondisi ekonomi suatu negara akan lebih terlindungi dari kondisi ekonomi di negara lain. Kelemahannya tidak memerlukan campur tangan dari pemerintah.
3. Sistem kurs mengambang terkendali (*managed float exchange rate system*), sistem ini berada pada sistem kurs tetap dan sistem kurs mengambang bebas. Fluktuasi kurs dibiarkan mengambang dari hari ke hari dan tidak ada batasan-batasan resmi, pada kondisi tertentu pemerintah sewaktu-waktu dapat melakukan intervensi untuk menghindari fluktuasi yang terlalu jauh dari mata uangnya.
4. Sistem kurs terikat (*pegged exchange rate system*), dimana mata uang lokal mereka diikatkan nilainya pada sebuah valuta asing atau pada sebuah jenis mata uang tertentu. Nilai mata uang lokal akan mengikuti fluktuasi dari nilai mata uang yang dijadikan ikatan tersebut. Mata uang yang telah diikat pada valuta asing tidak dapat diikat lagi pada mata uang yang lain. Bila telah diikat dengan *US Dollar* maka mata uang tersebut harus mengikuti pergerakan *US Dollar* terhadap mata uang lain. Karena suatu negara tidak dapat mengikatkan mata uangnya terhadap seluruh

mata uang lain, maka negara tersebut akan terpengaruh oleh pergerakan mata uang lain terhadap mata uang yang menjadi ikatannya.

3.1.3. Penentuan Nilai Kurs

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pergerakan nilai tukar, yaitu (Madura, 1993):

1. Faktor Fundamental

Faktor fundamental berkaitan dengan indikator-indikator ekonomi seperti inflasi, suku bunga, perbedaan relatif pendapatan antar-negara, ekspektasi pasar dan intervensi Bank Sentral.

2. Faktor Teknis

Faktor teknis berkaitan dengan kondisi penawaran dan permintaan devisa pada saat-saat tertentu. Apabila ada kelebihan permintaan, sementara penawaran tetap, maka harga valas akan naik dan sebaliknya.

3. Sentimen Pasar

Sentimen pasar lebih banyak disebabkan oleh rumor atau berita-berita politik yang bersifat insidental, yang dapat mendorong harga valas naik atau turun secara tajam dalam jangka pendek. Apabila rumor atau berita-berita sudah berlalu, maka nilai tukar akan kembali normal.

3.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kurs

Beberapa faktor yang mempengaruhi kurs Rupiah terhadap *US Dollar*, sebagai berikut.

3.2.1. Suku Bunga

Suku bunga adalah pembayaran yang dilakukan untuk penggunaan uang. Suku bunga adalah jumlah bunga yang dibayarkan per unit waktu. Dengan kata lain, masyarakat harus membayar peluang untuk meminjam uang. Biaya untuk meminjam uang diukur dalam *Dollar* per tahun untuk setiap *Dollar* yang dipinjam, adalah suku bunga (Samuelson dan Nordhaus, 1994).

Menurut Krugman (2003) dalam Oktavia, dkk (2013), kenaikan suku bunga domestik akan menyebabkan apresiasi kurs suatu negara, sedangkan kenaikan suku bunga luar negeri akan menyebabkan kurs domestik mengalami

depresiasi terhadap kurs negara lain. Dalam penelitiannya Oktavia, dkk (2013) yang mengemukakan bahwa peningkatan suku bunga domestik, maka akan menyebabkan mata uang domestik akan menguat. Sebaliknya, jika tingkat suku bunga domestik turun, maka mata uang domestik atau kurs akan melemah.

Perbedaan tingkat suku bunga akan berdampak pada perubahan jumlah investasi di suatu negara, baik yang berasal dari investor domestik maupun dari investor asing, khususnya pada jenis investasi portofolio yang umumnya berjangka pendek. Perubahan tingkat suku bunga ini akan berpengaruh pada perubahan jumlah permintaan dan penawaran di pasar uang domestik. Apabila dalam suatu negara terjadi peningkatan aliran modal masuk (*capital inflows*) dari luar negeri, hal ini menyebabkan terjadinya perubahan nilai tukar mata uang negara tersebut terhadap mata uang asing di pasar valuta asing (Madura, 2000) dalam Murdayanti (2012).

3.2.2. Inflasi

Meningkatnya jumlah uang beredar menjadi salah satu penyebab terjadinya inflasi yang kemudian berimbas pada penurunan nilai tukar rupiah, jika kebijakan moneter bersifat ekspansif.

Inflasi yang terjadi di suatu negara dapat menurunkan nilai mata uangnya. Kenaikan harga-harga (inflasi) menyebabkan penduduk negara tersebut semakin banyak mengimpor dari negara lain, sehingga permintaan akan valuta asing bertambah. Di lain pihak, ekspor negara tersebut bertambah mahal dan ini akan mengurangi permintaannya, sehingga akan menurunkan penawaran valuta asing (Sukirno, 1981).

Tingkat inflasi yang tinggi dapat melemahkan nilai tukar mata uang suatu negara. Selain itu, tingkat inflasi yang tinggi dapat memicu bertambahnya nilai impor. Menurut Madura (2006), perubahan dalam laju inflasi dapat mempengaruhi aktivitas perdagangan internasional. Jika inflasi suatu negara meningkat, permintaan atas mata uang negara tersebut menurun, dikarenakan ekspornya juga turun (disebabkan harga yang lebih tinggi).

3.2.3. Cadangan Devisa

Devisa merupakan alat pembayaran internasional dan berfungsi sebagai uang internasional. Pengertian cadangan devisa atau *foreign reserve currencies* adalah mata uang asing, misalnya *Dollar* Amerika Serikat yang dipegang oleh pemerintah atau Bank Sentral setiap negara yang pada umumnya digunakan sebagai cadangan internasional (Lipsey, 1990).

Posisi cadangan devisa suatu negara biasanya dinyatakan aman apabila mencukupi kebutuhan impor untuk jangka waktu setidaknya-tidaknya tiga bulan. Jika cadangan devisa yang dimiliki tidak mencukupi kebutuhan untuk tiga bulan impor, maka hal itu dianggap rawan. Tipisnya persediaan valuta asing suatu negara dapat menimbulkan kesulitan ekonomi bagi negara yang bersangkutan. Bukan saja negara tersebut akan kesulitan mengimpor barang-barang yang dibutuhkan dari luar negeri, tetapi juga memerosotkan kredibilitas mata uangnya. Kurs mata uangnya di pasar valuta asing akan melemah. Apabila posisi cadangan devisa itu terus menipis dan semakin menipis, maka dapat terjadi “*rush*” terhadap valuta asing di dalam negeri. Menghadapi keadaan demikian, sering terjadi pemerintah negara yang bersangkutan akhirnya terpaksa melakukan devaluasi (Dumairy, 1996).

3.2.4. Ekspor

Menurut Mankiw (2000) ekspor adalah berbagai barang yang diproduksi didalam negeri dan dijual ke luar negeri. Ekspor mengakibatkan masuknya aliran valuta asing dari luar negeri kedalam negeri. Dengan demikian penawaran *Dollar* dimasyarakat akan meningkat dan mengakibatkan kurs rupiah menguat. Penurunan nilai tukar mata uang akan mengakibatkan berbagai komoditas ekspor menjadi lebih murah bagi para importir atau pihak asing sehingga barang ekspor akan dapat lebih kompetitif dipasaran internasional karena harga-harga dapat bersaing. Dengan demikian, hubungan antara ekspor dengan nilai tukar rupiah adalah positif.

Dalam sistem kurs mengambang, depresiasi atau apresiasi nilai mata uang akan mengakibatkan perubahan terhadap ekspor maupun impor. Jika kurs

mengalami depresiasi, yaitu nilai mata uang dalam negeri secara relatif terhadap mata uang asing menurun, volume ekspor akan menaik. Dengan kata lain, apabila nilai kurs *Dollar* menguat, maka volume ekspor juga akan meningkat (Sukirno, 2004).

3.2.5. Impor

Aktivitas berbagai pihak seperti pengusaha yang membeli barang di luar negeri untuk dijual lagi di dalam negeri disebut dengan impor. Aktivitas impor bertujuan untuk mendapatkan keuntungan. Aktivitas impor dilakukan apabila barang yang bersangkutan di luar negeri memiliki harga yang lebih murah ataupun barang yang bersangkutan tidak diproduksi dalam negeri (Ekananda, 2015).

Menurut Mankiw (2000), impor adalah berbagai barang yang di produksi di luar negeri dan di jual ke dalam negeri. Penurunan nilai tukar mata uang akan membuat harga barang impor menjadi lebih mahal bagi penduduk domestik. Akibatnya permintaan barang impor akan turun. Hubungan antara impor dan nilai tukar adalah negatif dimana apabila terjadi peningkatan impor maka akan meningkatkan permintaan terhadap dolar yang pada akhirnya akan membuat nilai tukar melemah.

3.3 Analisis Deskriptif

Kadir (2015) menjelaskan bahwa berdasarkan fase atau tujuan analisisnya, statistika dapat dibedakan atas statistika deskriptif dan statistika inferensial. Dimana statistika deskriptif adalah hal yang berkenaan dengan pengumpulan, pengolahan, penganalisisan, dan penyajian sebagian atau seluruh data (pengamatan) tanpa pengambilan kesimpulan. Tugas mencari kecenderungan data memusat, misalnya rata-rata, median, modus, dari sekumpulan bilangan itu termasuk dalam fase deskriptif.

Statistika deskriptif adalah bagian dari ilmu statistika yang bertujuan untuk menggambarkan atau menyajikan data. Statistika deskriptif hanya bisa menggambarkan keadaan maupun fenomena dari data, tanpa menguraikan hal-hal yang berhubungan dengan data tersebut, sehingga dapat dikatakan bahwa statistika

deskriptif hanya bisa menggambarkan suatu data agar mudah dipahami. Statistika deskriptif mencakup distribusi frekuensi seperti grafik distribusi (histogram, poligon frekuensi dan ogif), ukuran pemusatan data (rata-rata, median, modus, kuartil) dan ukuran penyebaran data (simpangan rata-rata, variansi dan simpangan baku) (Hasan, 2001).

3.4 Analisis Regresi

Menurut Nawari (2010), analisis regresi adalah suatu metode sederhana untuk melakukan investigasi tentang hubungan fungsional di antara beberapa variabel. Hubungan antara beberapa variabel tersebut diwujudkan dalam suatu model matematis. Model regresi, variabel dibedakan menjadi dua bagian, yaitu variabel respon atau biasa juga disebut variabel bergantung (*dependent variable*) serta *variabel explonary* atau bisa juga disebut variabel penduga (*predictor variable*) atau disebut juga variabel bebas (*independent variable*).

Model regresi mengasumsikan bahwa faktor-faktor yang diramal menunjukkan adanya suatu hubungan sebab akibat (*cause-effect relationship*) dengan satu atau lebih variabel bebas (*independent variable*). Model causal lebih digunakan untuk pengambilan keputusan (*decision making*) dan kebijaksanaan (*policy*). Konsep sebuah hubungan antara dua variabel, kita kenal dengan hubungan fungsional dan hubungan statistik.

3.5 Regresi Nonparametrik

Menurut Eubank (1999), pendekatan nonparametrik merupakan metode pendugaan model yang dilakukan berdasarkan pendekatan yang tidak terikat asumsi bentuk kurva regresi tertentu dimana kurva regresi hanya diasumsikan *smooth* (mulus), artinya termuat di dalam suatu ruang fungsi tertentu sehingga regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi karena data diharapkan mencari sendiri bentuk estimasi kurva regresinya tanpa dipengaruhi oleh faktor subyektifitas peneliti. Penggunaan statistik nonparametrik mengabaikan asumsi-asumsi yang melandasi penggunaan metode statistika parametrik. Tidak semua pola hubungan dapat didekati dengan pendekatan parametrik, karena tidak adanya suatu informasi

mengenai bentuk hubungan variabel respon dan variabel prediktor. Jika bentuk kurva tidak diketahui dan pola menyebar maka kurva regresi dapat diduga menggunakan pendekatan model regresi nonparametrik. Apalagi tes nonparametrik tidak memerlukan pengukuran seperti yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tes parametrik, tes nonparametrik paling berlaku untuk data dalam skala ordinal, dan berlaku juga untuk sampel data skala nominal. Secara umum model regresi nonparametrik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.1)$$

dengan :

y_i : variabel respon pada amatan ke- i

$f(x_i)$: fungsi regresi yang tidak diketahui bentuk kurvanya

ε_i : *error* ke- i yang saling bebas

Fungsi regresi f diasumsikan mulus (*smooth*) sehingga lebih menjamin fleksibilitas dalam mengestimasi fungsi regresinya (Eubank, 1999). Salah satu pendekatan dalam regresi nonparametrik adalah regresi *Spline*. *Spline* mempunyai keunggulan dalam mengatasi pola data yang menunjukkan naik atau turun yang tajam dengan bantuan titik-titik knot, serta kurva yang dihasilkan relatif mulus (Hardle, 1990).

3.6 *Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS)*

Friedman (1991) menyatakan bahwa model MARS adalah kombinasi yang kompleks antara metode *Spline* dengan rekursif partisi untuk menghasilkan estimasi fungsi regresi yang kontinu. Perhitungan komputasi sangat diperlukan dalam pengolahan data, karena akan selalu memperoleh hasil yang sesuai dengan algoritmanya. *Recursive Partitioning Regression (RPR)* merupakan salah satu dari program komputasi yang memiliki keunggulan dalam mengolah data yang berdimensi tinggi. Tujuan dari RPR adalah menggunakan data untuk mengestimasi *subregion* dan parameter yang berasosiasi pada setiap *subregion*.

Pendekatan RPR dimulai dengan menghasilkan model yang memiliki sejumlah fungsi basis untuk meningkatkan kecocokan model. *Recursive Partitioning Regression (RPR)* merupakan suatu metode nonparametrik yang dapat

dipandang sebagai suatu prosedur regresi *stepwise* untuk mengaproksimasi fungsi yang tidak diketahui $\hat{f}(x)$ yang berbentuk:

$$\hat{f}(x) = \sum_{m=1}^M a_m B_m(x) \quad (3.2)$$

Dengan a_m merupakan koefisien dari fungsi basis ke- m dan $B_m(x)$ menyatakan fungsi basis ke- m .

Fungsi basis merupakan kumpulan fungsi parametrik yang terdiri dari satu atau lebih variabel. Adapun fungsi basis B_m pada RPR didefinisikan sebagai berikut:

$$B_m(x) = \prod_{k=1}^{K_m} H[s_{km} \cdot (x_{v(k,m)} - t_{km})] \quad (3.3)$$

dengan:

K_m : derajat interaksi

s_{km} : tanda pada titik knot (+ 1 atau -1)

$x_{v(k,m)}$: variabel prediktor

t_{km} : nilai knots dari variabel prediktor $x_{v(k,m)}$

dimana H menyatakan *step function*, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$H[\eta] = \begin{cases} 1, & \text{jika } \eta \geq 0 \\ 0, & \text{jika } \eta < 0 \end{cases}$$

Beberapa modifikasi dilakukan Friedman untuk mengatasi kelemahan metode *Recursive Partitioning Regression* (RPR). Dalam mengatasi kelemahan *Recursive Partitioning Regression* (RPR) untuk mengidentifikasi fungsi linier dan aditif, Friedman mengusulkan untuk tidak menghapus fungsi basis awal atau induk (*parent*) selama pemilihan *subregion* berlangsung. Jadi, pada iterasi berikutnya *parent* dan pilahan *subregion* dapat dipilah lebih lanjut, sehingga diperoleh *subregion* yang saling tumpang tindih. Dengan modifikasi ini, *Recursive Partitioning Regression* (RPR) dapat menghasilkan model linier dengan pemilihan berulang pada peubah prediktor yang berbeda. Disamping itu dihasilkan pula model yang lebih fleksibel. Untuk mengatasi adanya diskontinu pada titik knot yang disebabkan perkalian fungsi peubah tunggal $H[\eta]$, Friedman mengusulkan untuk mengganti $H[\eta]$ dengan regresi linier *Splines* berordo satu dengan sisi kiri (-) dan sisi kanan (+) (Friedman, 1991).

Spline merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh data yang berpola naik atau turun secara tajam. *Spline* merupakan fungsi *piecewise* (potongan) polinomial yang memiliki sifat tersegmen dan kontinu, dimana fungsi *Spline* univariat berderajat q didefinisikan sebagai berikut:

$$s(x) = \sum_{i=0}^q a_i x^i + \sum_{j=1}^K b_j (x - t_j)_+^q \quad (3.4)$$

Dengan K knot yaitu t_1, t_2, \dots, t_K . Adapun *truncated power basis* $(x - t_j)_+^q$ didefinisikan sebagai :

$$(x - t_j)_+^q = \begin{cases} (x - t_j)_+^q, & x - t_j > 0 \\ 0, & x - t_j \leq 0 \end{cases}$$

Sehingga bentuk umum fungsi *Spline* berderajat q dan p variabel prediktor adalah:

$$s(x) = a_0 + \sum_{l=1}^p \left[\sum_{j=1}^q a_{lj} x_l^j + \sum_{k=1}^K b_{lk} (x_l - t_k)^q \right] \quad (3.5)$$

dengan

$$(x_l - t_k)_+^q = \begin{cases} (x_l - t_k)_+^q, & x_l - t_k > 0 \\ 0, & x_l - t_k \leq 0 \end{cases}$$

Regresi *Spline* merupakan salah satu metode regresi nonparametrik dimana bentuk kurva regresinya berupa fungsi *Spline*. Secara umum, model regresi *Spline* univariat dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y_i = a_0 + \sum_{j=1}^q a_j x^j + \sum_{k=1}^K b_k (x - t_k)_+^q + \varepsilon_i \quad (3.6)$$

Dimana $q \geq 1$ serta a_j dan b_k bernilai *real* untuk $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, \dots, q$, dan $k = 1, 2, \dots, K$ serta ε adalah *error random* independen dengan *mean* nol dan varians σ^2 . Sedangkan model regresi secara umum dengan p variabel prediktor adalah:

$$y_i = a_0 + \sum_{l=1}^p \left[\sum_{j=1}^q a_{lj} x_l^j + \sum_{k=1}^K b_{lk} (x_l - t_k)^q \right] + \varepsilon_i \quad (3.7)$$

Penentuan knots pada regresi *dummy* atau regresi kategori dilakukan secara manual, karena memiliki dimensi data yang rendah dan hal ini tidak akan mengalami kesulitan, sedangkan untuk data yang berdimensi tinggi terdapat kesulitan. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan model *Recursive Partitioning*

Regression (RPR) karena penentuan knots tergantung (otomatis) dari data. Namun demikian model ini masih terdapat kelemahan yaitu model yang dihasilkan tidak kontinu pada knots, dan untuk mengatasinya digunakan model MARS.

Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) merupakan pendekatan untuk regresi *multivariate* nonparametrik yang dikembangkan oleh Friedman. Model MARS merupakan salah satu metode yang fleksibel untuk pemodelan regresi dengan data berdimensi tinggi dengan variabel prediktor (Xp) dimana $3 \leq p \leq 20$ dan ukuran sampel $50 \leq n \leq 1000$ (Nisa' dan Budiantara, 2012).

Menurut Pintowati dan Otok (2012), beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan model MARS yaitu:

- a. Knot, yaitu akhir dari sebuah garis regresi (*region*) dan awal dari sebuah garis regresi (*region*) yang lain. Di setiap titik knot, diharapkan adanya kontinuitas dari basis fungsi antar satu *region* dengan *region* lainnya.
- b. Fungsi basis (BF), yaitu suatu fungsi yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor. Fungsi basis ini merupakan fungsi parametrik yang didefinisikan pada tiap *region*. Pada umumnya fungsi basis yang dipilih adalah berbentuk polinomial dengan turunan yang kontinu pada setiap titik knot. Friedman menyarankan banyaknya maksimum fungsi basis (BF) adalah 2-4 kali banyaknya variabel prediktornya. Banyaknya maksimum interaksi (MI) yang digunakan adalah 1, 2, atau 3. Jika $MI > 3$ akan dihasilkan model yang semakin kompleks dan model akan sulit untuk diinterpretasi. Minimum jarak antara knot atau minimum observasi (MO) yang digunakan sebesar 0, 1, 2, dan 3.

Pemodelan MARS ditentukan berdasarkan *trial and error* untuk kombinasi BF, MI, dan MO untuk mendapatkan nilai dari parameter pemulus yang minimum. MO yaitu minimum jarak antara knot atau minimum observasi antara knot (MO) sebesar 0, 1, 2, dan 3. $MO=0$ artinya bahwa di dalam modelnya jarak antara titik knot 0, $MO=1$ artinya bahwa di dalam modelnya minimum jarak antara titik knot 1, $MO=2$ artinya bahwa di dalam modelnya minimum jarak antara titik knot 2, dan

$M_0=3$ artinya bahwa di dalam modelnya minimum jarak antara titik knot 3 (Nisa' dan Budiantara, 2012).

Menurut Friedman (1991) model MARS hasil dari kombinasi kompleks antara RPR dan pendekatan *Spline* diperoleh sebagai berikut:

$$y_i = a_0 + \sum_{m=1}^M a_m \prod_{k=1}^{k_m} (S_{km}(X_{v(k,m)} - t_{km})) + \varepsilon_i$$

$$y_i = a_0 + \sum_{m=1}^M a_m B_m(x) + \varepsilon_i \quad (3.8)$$

dengan :

$$B_m(x) = \prod_{k=1}^{k_m} [S_{km} \cdot (x_{v(k,m)} - t_{km})]$$

a_0 : konstanta regresi dari fungsi basis

a_m : koefisien dari fungsi basis ke- m , $m = 1, \dots, M$

M : maksimum fungsi basis (*nonconstant* fungsi basis)

k_m : derajat interaksi ke- m

S_{km} : nilainya 1 atau -1 jika data berada di sebelah kanan atau kiri titik knot

$X_{v(k,m)}$: variabel prediktor

t_{km} : nilai knots dari variabel prediktor $X_{v(k,m)}$

ε_i : *error* acak yang bersifat independen

Dari model MARS pada persamaan (3.8) dalam bentuk matriks dapat ditulis sebagai berikut (Otok et al., 2008).

$$\underline{Y} = B\underline{a} + \underline{\varepsilon} \quad (3.9)$$

Dengan

$$\underline{Y} = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)^T$$

$$\underline{a} = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_M)^T$$

3.7 Generalized Cross Validation (GCV)

Menurut Friedman (1991) menyebutkan bahwa dalam metode MARS, *Generalized Cross Validation* (GCV) adalah kriteria yang paling baik untuk seleksi model terbaik. Nilai GCV didefinisikan sebagai berikut.

$$GCV = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{f}_M(x_i)]^2}{\left[1 - \frac{C(M)}{n}\right]^2} \quad (3.10)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{f}_M(x_i)]^2$$

dimana:

y_i : variabel respon ke i

M : jumlah fungsi basis

x_i : variabel prediktor ke- i

y_i : variabel respon ke- i

n : banyaknya pengamatan

$C(M)$: $Trace [B(B^T B)^{-1} B^T] + 1$

$$B = \begin{bmatrix} \prod_{k=1}^{k_1} (s_{1M}(x_{1(1,m)} - t_{1m})) & \cdots & \prod_{k=1}^{k_m} (s_{k_m M}(x_{1(k_m,m)} - t_{k_m M})) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \prod_{k=1}^{k_1} (s_{1M}(x_{n(1,m)} - t_{1m})) & \cdots & \prod_{k=1}^{k_m} (s_{k_m M}(x_{n(k_m,m)} - t_{k_m M})) \end{bmatrix}$$

Model terbaik MARS dapat dilihat dari kriteria GCV terkecil, apabila memiliki nilai GCV terkecil yang sama dapat dilihat dengan pertimbangan nilai MSE terkecil, dan apabila masih memiliki nilai MSE yang sama maka dapat dilihat dengan pertimbangan nilai R^2 terbesar.

3.8 Pengujian Parameter Model Regresi

Regresi parametrik memiliki asumsi-asumsi yang harus terpenuhi dan apabila salah satu asumsi tidak terpenuhi maka merupakan regresi nonparametrik. Asumsi regresi klasik terdiri dari sebagai berikut (Asriani, 2016).

1. Normalitas

Apabila asumsi ini terpenuhi, berarti data yang diambil berasal dari populasi normal yang berarti bahwa $\varepsilon \sim NIID(0, \sigma^2)$. Asumsi kenormalan data diuji dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.

- Hipotesis :
 - H_0 : Residual berdistribusi normal
 - H_1 : Residual tidak berdistribusi normal
- Tingkat signifikansi $\alpha=0,05$
- Statistik uji :
 - $D = \text{supremum } |S_x - F_0|$
 - $S_x = \text{probabilitas kumulatif normal}$
 - $F_0 = \text{probabilitas kumulatif empiris}$
- Daerah kritis : H_0 di tolak apabila nilai $D > D_{\text{tabel}}(N, \alpha)$ atau $\text{sign} < \alpha$.
 Kenormalan distribusi dari residual dapat pula dilakukan dengan melihat grafik Normal P-P Plot. Jika asumsi kenormalan dipenuhi, maka harga-harga residual akan didistribusikan secara random dan terkumpul disekitar garis lurus yang melalui titik nol.

2. Kesamaan Varian (Heterokedastisitas)

Uji Heterokedastisitas bertujuan menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan variansi dari residual satu pengamatan yang lain. Jika variansi dari residual satu pengamatan ke pengamatan lain tetap, maka disebut dengan Homoskedastisitas. Sedangkan, apabila antara pengamatan satu ke pengamatan lain berbeda disebut dengan Heteroskedastisitas. Model yang baik adalah model yang Homoskedastisitas dan tidak terjadi Heterokedastisitas.

Ada beberapa cara untuk mendeteksi ada atau tidaknya heterokedastisitas :

a. Uji Glejser

Uji Glejser menggunakan nilai mutlak dari residual (absolut residual) sebagai variabel dependen untuk diregresikan dengan variabel independen. Jika nilai signifikansi antara variabel independen dengan absolut residual lebih dari 0,05 maka tidak terjadi masalah heteroskedastisitas.

- Hipotesis :
 - H_0 : Tidak ada gejala heteroskedastisitas
 - H_1 : Ada gejala heteroskedastisitas
- Tingkat signifikansi $\alpha=0,05$
- Statistik uji : $|Ut| = a + bX_i + \varepsilon_i$

- Daerah kritis : H_0 di tolak bila nilai $\text{sign} < \alpha$.

3. Autokorelasi

Autokorelasi adalah ketergantungan antara residual yang ada sedangkan pada asumsi kenormalan dinyatakan bahwa residual ($\varepsilon_t = Y_t - Y_{\hat{t}}$) pada variabel-variabel random tidak saling berkorelasi atau independen. Salah satu cara untuk mengetahui apakah *error* berkorelasi atau tidak adalah dengan pengujian statistik Durbin-Watson.

- Hipotesis :

H_0 : Tidak terjadi autokorelasi

H_1 : Terjadi autokorelasi

- Tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$

- Statistik uji : $d = \frac{\sum_{i=2}^N (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$

- Daerah kritis :

Jika $d < dL$ atau $d > 4 - dL$, berarti terdapat autokorelasi

Jika $dU < d < 4 - dU$, berarti tidak terdapat autokorelasi

Jika $dL < d < dU$ atau $4 - dU < d < 4 - dL$, tidak ditarik kesimpulan.

4. Multikolinieritas

Multikolinieritas adalah kejadian yang menginformasikan terjadinya hubungan antara variabel-variabel bebas X_i dan yang terjadi adalah hubungan yang cukup erat. Sehingga informasi yang dihasilkan dari variabel-variabel yang saling berhubungan (kolinier) sangat mirip dan sulit dipisahkan pengaruhnya. Hal ini juga akan menghasilkan perkiraan keberatan koefisien yang diperoleh. Nilai VIF yang semakin besar akan menunjukkan multikolinieritas yang lebih kompleks. Jika nilai $VIF < 10$, maka secara signifikan dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat multikolinieritas (Neter, Wasserman, & Kutner, 1989).

3.9 Pengujian Signifikansi Model MARS

Apabila telah ditemukan model MARS terbaik, maka dilakukan pengujian untuk mengecek signifikansi parameter untuk mengevaluasi kecocokan model.

Pengujian dilakukan dengan menguji koefisien regresi secara simultan maupun secara parsial.

1. Uji Serentak (Simultan)

Hipotesis yang digunakan untuk menguji signifikansi model secara serentak adalah sebagai berikut::

$$H_0 : \alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_M = 0 \text{ (model tidak signifikan)}$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \alpha_M \neq 0; m = 1, 2, \dots, M \text{ (model signifikan)}$$

Dengan taraf signifikansi : α dan statistik uji yang digunakan adalah uji F:

$$F_{hitung} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \hat{y})^2}{k}}{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \hat{y})^2}{n - k - 1}}$$

Daerah penolakan: Tolak H_0 jika nilai $F_{hitung} > F_{\alpha(k-1, n-k)}$ atau P-value $< \alpha$.

2. Uji Parsial

Hipotesis yang digunakan adalah menguji signifikansi secara parsial adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \alpha_j = 0 \text{ (koefisien } \alpha_j \text{ tidak berpengaruh terhadap model)}$$

$$H_1 : \alpha_j \neq 0 ; \text{ untuk setiap } j, \text{ dimana } j=1, 2, \dots, k \text{ (koefisien } \alpha_j \text{ berpengaruh terhadap model)}$$

Dengan taraf signifikan : α dan statistik uji yang digunakan adalah Uji t:

$$F_{hitung} = \frac{\hat{\alpha}_j}{stdev(\hat{\alpha}_j)}$$

Daerah penolakan : Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{(\frac{\alpha}{2}, n-k)}$ atau P-value $< \alpha$

dimana n adalah jumlah pengamatan dan k adalah jumlah parameter.

3.10 Estimasi Nonparametrik

Tujuan dasar dalam sebuah analisa regresi adalah untuk mempelajari bagaimana respon sebuah peubah Y terhadap perubahan yang terjadi pada peubah lain yaitu X. Hubungan antara X dan Y dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_i = m(X_i) + \varepsilon_i; i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.11)$$

Dimana $m(X_i)$ adalah fungsi matematik yang disebut sebagai fungsi regresi dan ϵ_i adalah sisaan yang diasumsikan independen dengan mean nol. Pada aplikasi, terdapat sekumpulan data $\{(X_1, Y_1), \dots, (X_i, Y_i)\}$ yang berisi informasi tentang fungsi $m(X_i)$. Dari data-data ini diduga ataupun diestimasi fungsi $m(X_i)$ tersebut. Dalam beberapa penelitian, sering dijumpai permasalahan pada hubungan fungsional antara 2 variabel Y dan X di mana bentuk-bentuk hubungan secara parametrik tidak dapat digunakan yang diakibatkan dari sedikitnya pengetahuan yang diperoleh tentang fungsi $m(X_i)$ ini, maka estimasi terhadap fungsi $m(X_i)$ ini dapat didekati secara nonparametrik (Saputra, 2016).

Agar pendekatan nonparametrik ini menghasilkan estimasi terhadap fungsi $m(X_i)$ yang masuk akal, maka hal yang harus diperhatikan adalah asumsi bahwa $m(X_i)$ memiliki derajat kelulusan. Biasanya kontinuitas dari $m(X_i)$ merupakan syarat yang cukup untuk menjamin sebuah estimator akan konvergen pada $m(X_i)$ yang sesungguhnya bila jumlah data bertambah tanpa batas.

Dalam aplikasi-aplikasi yang lain, dapat digunakan kemajuan fasilitas-fasilitas perhitungan dan metode-metode perhitungan untuk mengembangkan hubungan fungsional antara Y dan X . Hal inilah yang mungkin menjadi pertimbangan untuk menggunakan metode dan teknik nonparametrik.

3.11 Estimator Densitas Kernel

Estimator densitas kernel merupakan pengembangan dari estimator histogram. Estimator densitas kernel adalah suatu metode pendekatan terhadap fungsi densitas yang belum diketahui dengan menggunakan fungsi kernel. Estimator diperkenalkan oleh Rosenblatt (1956), Parzen (1962) sehingga disebut estimator densitas kernel Rosenblatt-Parzen (Hardle, 1990). Penghalusan dengan pendekatan kernel selanjutnya dikenal sebagai penghalusan kernel (kernel *smoother*) sangat tergantung pada fungsi kernel dan *bandwidth*.

Menurut Sukarsa dan Srinadi (2012) menyatakan bahwa fungsi kernel ada bermacam-macam, contohnya kernel *Gaussian*, kernel *Uniform*, kernel *Biweight*. Tabel 3.1 menyajikan bermacam-macam fungsi kernel dan bentuknya, sebagai berikut:

Tabel 3.1 Macam-macam Fungsi Kernel

Tipe Kernel	Fungsi Kernel
Uniform	$K(u) = \frac{1}{2}I_{(-1,1)}(u)$
Triangular	$K(u) = (1 - u)I_{(-1,1)}(u)$
Biweight (Quadratik)	$K(u) = \frac{15}{16}(1 - u^2)I_{(-1,1)}(u)$
Triweight	$K(u) = \frac{35}{32}(1 - u^2)^3I_{(-1,1)}(u)$
Gaussian	$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{u^2}{2}}I_{(-\infty,\infty)}(u)$
Epanechnikov	$K(u) = \frac{3}{4}(1 - u^2)I_{(-1,1)}(u)$

3.12 Regresi Kernel

Salah satu teknik *smoothing* untuk mengestimasi fungsi penghalus m pada persamaan (3.11) adalah regresi kernel. Dalam jurnal Sukarsa dan Srinadi (2012), Regresi kernel merupakan metode untuk memperkirakan ekspektasi bersyarat dari variabel acak dengan menggunakan fungsi kernel. Metode alternatif dalam pendekatan regresi nonparametrik ini menggunakan pemulus kernel, yang menggunakan rata-rata terbobot dari data. Tujuan analisis regresi adalah menemukan hubungan antara sepasang variabel acak X dan Y , untuk mendapatkan dan menggunakan bobot yang sesuai. Menurut Hardle (1990), dalam setiap regresi nonparametrik, harapan bersyarat dari variabel Y relatif terhadap variabel X dapat ditulis $E(Y|X)=\hat{m}(x)$ atau $E(Y|X=x) = \frac{\int y f(x,y)dy}{f(x)}$. Dimana m adalah fungsi yang tidak diketahui untuk mendapatkan dan menggunakan bobot kernel yang sesuai.

Dalam regresi kernel terdapat berbagai estimator yang dapat digunakan untuk menduga bentuk \hat{m} diantaranya adalah estimator Nadaraya-Watson, estimator Polinomial Lokal, estimator Priestly-Chao dan estimator Gasser-Muller. Dalam penelitian ini akan menggunakan estimator Nadaraya-Watson.

3.13 Estimator Nadaraya-Watson

Nadaraya dan Watson pada tahun 1964 mendefinisikan estimator regresi kernel sehingga disebut estimator Nadaraya-Watson (Wand dan Jones, 1995:130). Nilai dari fungsi $m(x)$ sesuai dengan nilai prediktor yang ekuivalen dengan ekspektasi dari variabel target dibawah kondisi nilai dari prediktor tetap yaitu x , maka estimator Nadaraya-Watson dari model regresi (3.9) adalah:

$$\hat{m}(x) = \frac{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{X_i - x}{h}\right) Y_i}{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{X_i - x}{h}\right)} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.12)$$

Dengan:

K : fungsi kernel

h : nilai *bandwidth* tertentu

X_i : nilai amatan variabel prediktor ke- i

Y_i : nilai amatan variabel respon ke- i

x : nilai random varibael X atau dapat dengan nilai tertentu dari variabel X

$\hat{m}(x)$: estimator Nadaraya-Watson dari x

3.14 Estimator Nadaraya-Watson dengan Fungsi Kernel Gaussian

Pada persamaan (3.12) diketahui bahwa estimator Nadaraya-Watson membutuhkan fungsi kernel, $K(x)$. Pada pembahasan ini hanya digunakan satu jenis fungsi bobot kernel, yaitu Kernel Gaussian. Alasan pemilihan kernel Gaussian, karena fungsi bobot kernel tersebut terdefinisi atau memiliki nilai pada semua bilangan riil. Jika menggunakan estimator Nadaraya-Watson dan fungsi kernel Gaussian, maka model penduga $\hat{m}(X_i)$ akan berbentuk sebagai berikut :

$$\hat{m}(x) = \frac{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{X_i - x}{h}\right) Y_i}{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{X_i - x}{h}\right)}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\text{dengan, } K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{1}{2}(-x^2)\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}x^2\right)$$

$$\hat{m}(x) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{X_i - x}{h}\right)^2\right) Y_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{X_i - x}{h}\right)^2\right)} \quad (3.13)$$

3.15 Pemilihan *Bandwidth*

Menurut Silverman (1986), tingkat kemulusan f ditentukan oleh fungsi kernel K dan *bandwidth* h , tetapi pengaruh fungsi kernel kurang signifikan dibanding pengaruh *bandwidth*. *Bandwidth* h pada estimator kernel berfungsi untuk menyeimbangkan antara bias dan variansi dari fungsi tersebut. Nilai h yang kecil akan memberikan grafik yang kurang mulus namun memiliki bias yang kecil.

Sebaliknya jika *bandwidth* yang terlalu besar menyebabkan fungsi yang diestimasi terlalu mulus, sehingga hubungan variansinya rendah dan memiliki potensi bias yang besar. Tujuan estimasi kernel adalah memperoleh kurva yang mulus namun memiliki nilai MSE yang tidak terlalu besar, maka perlu dipilih nilai h optimal untuk mendapatkan grafik optimal.

Pemilihan *bandwidth* h merupakan masalah utama dari estimator densitas kernel. Pemilihan *bandwidth* yang optimum dilakukan dengan cara memperkecil tingkat kesalahan. Semakin kecil tingkat kesalahan maka semakin baik estimasinya. Untuk mengetahui ukuran tingkat kesalahan suatu estimator dapat dilihat dari MSE (*Mean Square Error*) atau MISE (*Mean Integrated Square Error*).

1. *Bandwidth "Rule of Thumb"*

Menurut Wand (1995), formula-formula untuk *bandwidth* yang optimal yaitu dengan meminimalkan *Asymptotic Integrated Mean Square Error* (AMISE) terhadap h AMISE.

2. *Unbiased Cross Validation* (UCV)

Menurut Guidoum (2015:13), metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Rudemo (1982), kemudian dikembangkan oleh Scott (1987). Metode *Unbiased Cross Validation* (UCV) merupakan metode pemilihan *bandwidth* yang bertujuan untuk mengestimasi h dengan cara meminimalkan *Integrated Square Error* (ISE).

3. *Biased Cross Validation (BCV)*

Menurut Guidoum (2015:11), metode ini dikembangkan oleh Scott, George, Jones dan Kappenman. Metode ini baik digunakan ketika jumlah sampel besar. Metode ini hampir sama dengan metode "*Rule of Thumb*", didasarkan pada formula yang meminimalkan *Asymptotic Mean Integrated Square Error (AMISE)*.

4. *Complete Cross Validation (CCV)*

Menurut Guidoum (2015:13), metode ini dikembangkan oleh Jones dan Kappenman. Metode ini didasarkan pada estimasi turunan *Integrated Square Density Derivative*.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah data-data yang berkaitan dengan Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* pada tahun 2012-2017. Objek penelitian yang digunakan adalah Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar*, Suku Bunga, Inflasi, Cadangan Devisa, Ekspor, dan Impor.

4.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data yang diperoleh dari sumber yang telah dipublikasikan oleh Bank Indonesia, Badan Pusat Statistik, dan Kementerian Perdagangan melalui situs www.bi.go.id, www.bps.go.id, dan www.kemendag.go.id.

4.3 Variabel dan Definisi Operasional

Penelitian ini menggunakan variabel-variabel yang mempengaruhi Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* pada tahun 2012-2017. Adapun variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Definisi Operasional Variabel

Variabel	Simbol	Definisi Operasional Variabel	Satuan
Nilai Tukar (Kurs) Rupiah Terhadap <i>US Dollar</i>	Y	Kurs rupiah terhadap <i>US Dollar</i> menunjukkan berapa rupiah yang dikeluarkan untuk mendapatkan 1 (satu) <i>US Dollar</i> .	Ribu Rupiah
Suku Bunga	X ₁	Harga yang harus dibayar untuk meminjam uang selama periode waktu tertentu dan dinyatakan dalam persentase uang yang dipinjam.	Persen

Inflasi	X ₂	Menunjukkan kenaikan harga-harga barang atau jasa secara umum.	Persen
Cadangan Devisa	X ₃	Aset yang dimiliki oleh bank sentral dan otoritas moneter, biasanya dalam mata uang cadangan yang berbeda, sebagian besar dolar Amerika Serikat	Juta USD
Ekspor	X ₄	Berbagai barang yang diproduksi didalam negeri dan dijual ke luar negeri	Juta USD
Impor	X ₅	Berbagai barang yang di produksi di luar negeri dan di jual ke dalam negeri	Juta USD

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel prediktor (variabel bebas) dan variabel respon (variabel terikat). Variabel-variabel yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Variabel Dependen (terikat) adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah: Nilai Tukar (Kurs) Rupiah Terhadap *US Dollar* (Y).
2. Variabel Independen (bebas) merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah: X₁, X₂, X₃, X₄, dan X₅.

4.4 Metode Analisis Data

Metode analisis data pada penelitian ini adalah:

1. Analisis statistika deskriptif untuk mengetahui gambaran umum Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya pada tahun 2012-2017 dengan bantuan *software* Ms. Excel dan IBM SPSS 22.
2. Analisis *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) untuk mengetahui pemodelan dari Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar*

serta mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhinya dengan bantuan *software* IBM SPSS 22 dan SPM versi 8.2.

3. Analisis Estimator Nadaraya-Watson Fungsi Kernel Gaussian untuk mengetahui *bandwidth* optimal dan hasil estimasi dari Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* tahun 2012-2017 dengan bantuan *software* R versi 3.3.1.

4.5 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam melakukan analisis *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) dan Estimasi Nadaraya-Watson Fungsi Kernel Gaussian adalah sebagai berikut.

4.5.1. Tahapan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS)

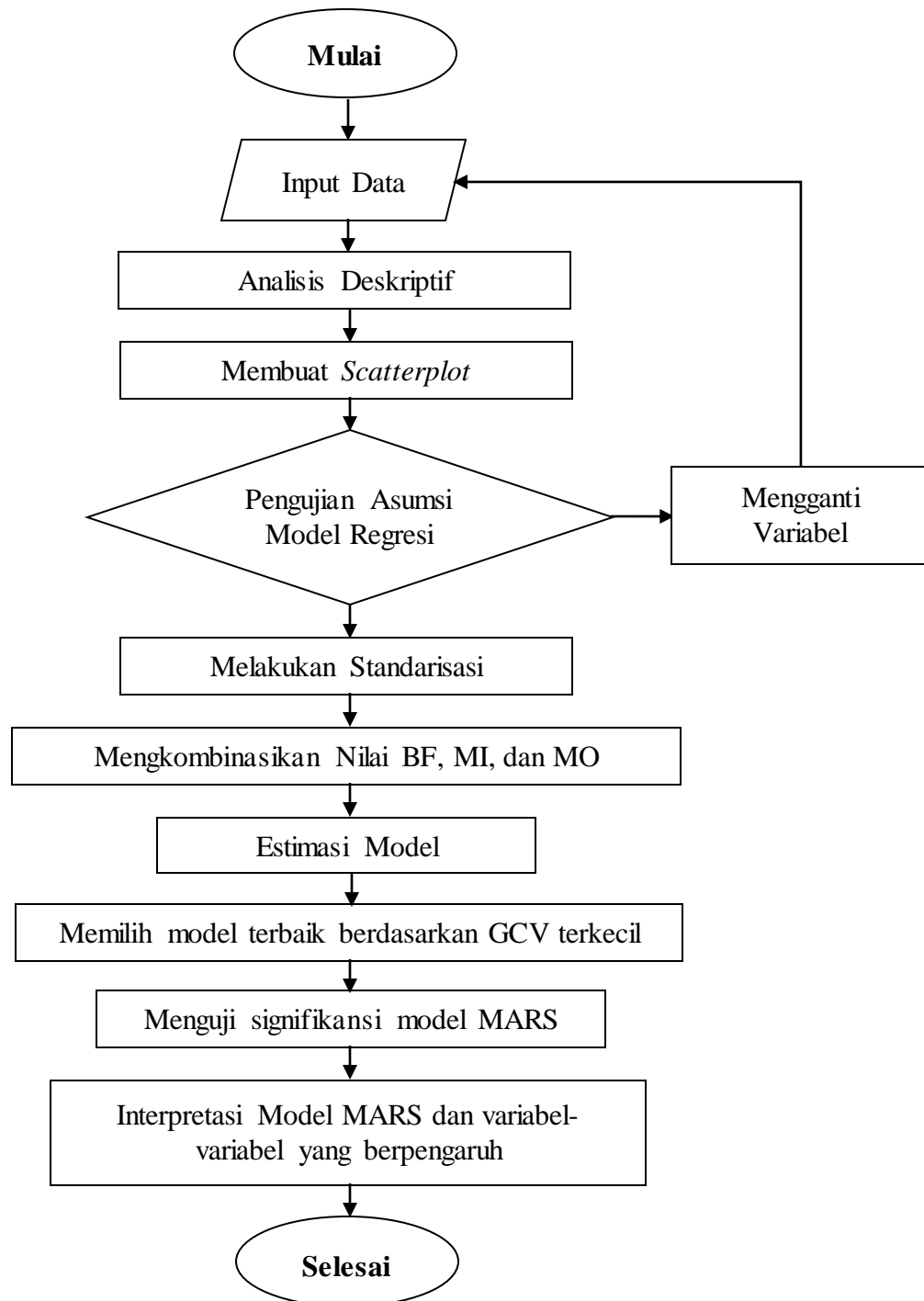
1. Melakukan analisis deskriptif dan uji linearitas dengan pembuatan grafik plot antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor sebagai langkah awal mengetahui pola hubungan antar variabel tersebut.
2. Melakukan pengujian asumsi klasik untuk memastikan dapat dilakukannya analisis regresi dengan pendekatan nonparametrik. Apabila menyalahi aturan uji asumsi klasik, maka dilanjutkan pada langkah selanjutnya.
3. Melakukan standarisasi terhadap setiap variabel yang terlibat (variabel respon dan variabel prediktor) agar memiliki skala nilai yang sama.
4. Menentukan maksimum jumlah fungsi basis (BF), maksimum fungsi basis yang dibolehkan adalah sebanyak 2-4 kali dari banyaknya variabel prediktor yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan 5 variabel prediktor sehingga maksimum jumlah BF adalah 10, 15, dan 20.
5. Menentukan jumlah maksimum interaksi, dalam penelitian ini jumlah maksimum interaksi (MI) yaitu 1, 2, dan 3. Apabila terdapat lebih dari 3 interaksi, maka akan menimbulkan interpretasi model yang sangat kompleks.
6. Menentukan minimum observasi (MO) yaitu 1, 2, dan 3.

7. Melakukan estimasi model MARS dan menentukan model MARS terbaik berdasarkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) yang terkecil yang diperoleh dari kombinasi antara BF, MI, dan MO.
8. Menguji signifikansi model MARS untuk mengevaluasi kecocokan model dengan uji koefisien regresi secara simultan (Uji F) maupun secara parsial (Uji t).
9. Melakukan interpretasi model MARS terbaik dan interpretasi variabel-variabel yang berpengaruh di model tersebut, serta tingkat kepentingan masing-masing variable prediktor yang berpengaruh.

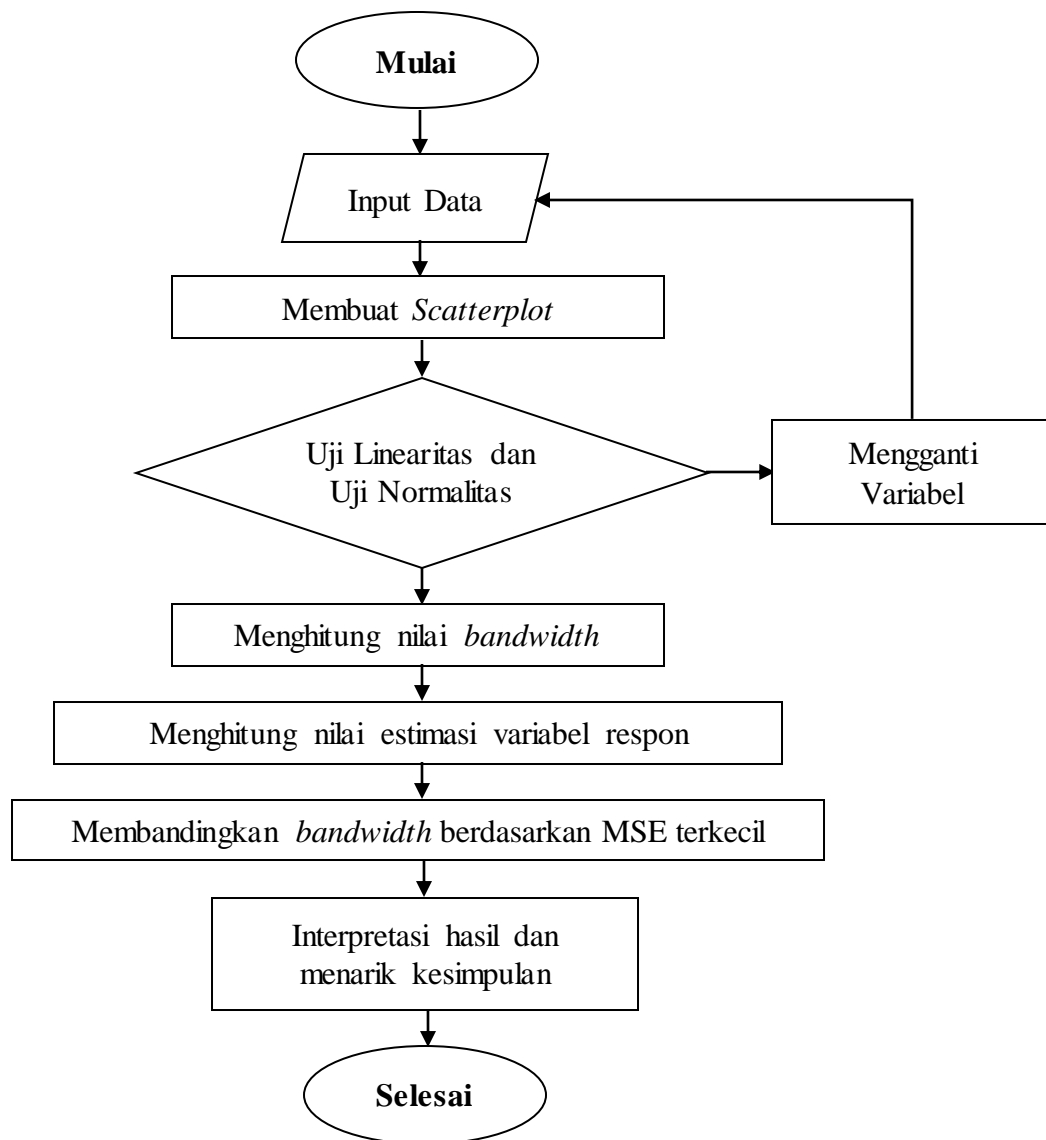
4.5.2. Tahapan Estimasi Nadaraya-Watson Fungsi Kernel Gaussian

1. Melakukan uji linearitas dengan pembuatan plot untuk menunjukkan pola hubungan antara variabel respon dengan waktu (dalam bulanan).
2. Melakukan uji normalitas data variabel respon, apabila menyalahi aturan uji linearitas dan uji normalitas, maka dilanjutkan pada langkah selanjutnya.
3. Menghitung nilai masing-masing *bandwidth* yaitu *Rule of Thumb*, *Unbiased Cross Validation*, *Based Cross Validation*, dan *Complete Cross Validation*.
4. Melakukan perhitungan nilai estimasi variabel respon dengan fungsi kernel Gaussian dan estimator Nadaraya-Watson.
5. Membandingkan *bandwidth* yang paling akurat dalam mengestimasi data variabel respon dengan kriteria RMSE terkecil.
6. Interpretasi hasil dan membuat kesimpulan.

4.6 Alur Penelitian



Gambar 4.1 Flowchart Analisis Metode MARS



Gambar 4.2 Flowchart Analisis Estimator Nadaraya-Watson Tipe Kernel Gaussian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Deskriptif

Pada bab ini akan dipaparkan langkah-langkah pengujian. Pengujian ini akan terdiri dari beberapa tahapan penelitian. Tahap pertama dilakukan analisis statistik deskriptif terhadap variabel respon (Y) yaitu Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar*, maupun variabel prediktor (X) yaitu Suku Bunga (X_1), Inflasi (X_2), Cadangan Devisa (X_3), Ekspor (X_4), dan Impor (X_5) pada Tahun 2012 sampai Tahun 2017.

Selanjutnya peneliti akan menguji asumsi model regresi. Apabila terdapat uji asumsi yang tidak terpenuhi maka termasuk dalam model regresi nonparametrik dan dapat menggunakan metode MARS.

5.1.1 Statistik Deskriptif Kurs Rupiah/*US Dollar*

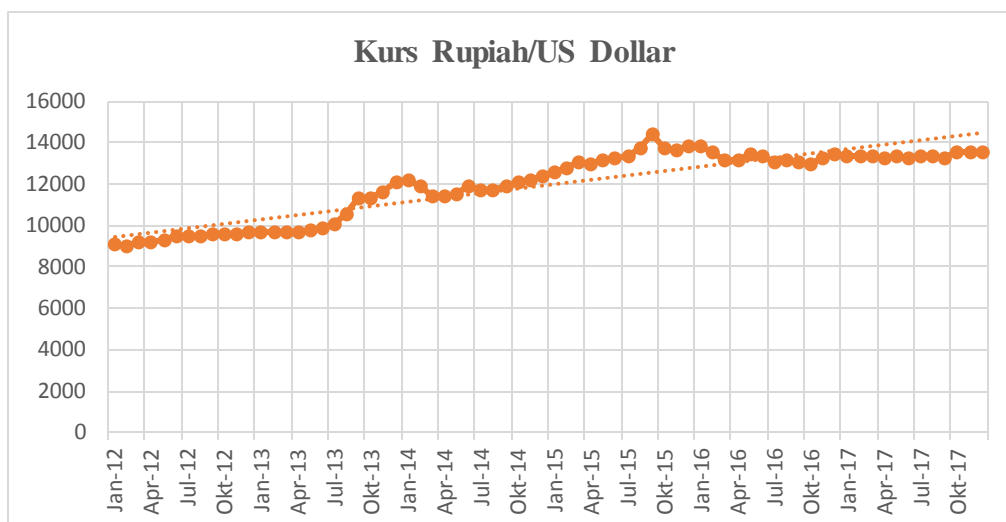
Tabel 5.1 menunjukkan statistik deskriptif mengenai variabel Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* berdasarkan publikasi yang dilakukan oleh Bank Indonesia setiap bulannya mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.

Tabel 5.1 Statistik Deskriptif Variabel Kurs Rupiah/*US Dollar*

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
KURS	72	9025,76	14396,10	11965,0960	1642,87561

Nilai minimum dan maksimum dari variabel Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* dengan banyaknya data sebanyak 72 yaitu masing-masing sebesar Rp9025,76 dan Rp14396,10 dengan rata-rata sebesar Rp11.965,096.

Gambar 5.1 menunjukkan grafik perkembangan Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.



Gambar 5.1 Grafik Kurs Rupiah/US Dollar

Pada **Gambar 5.1** menunjukkan grafik nilai Kurs Rupiah/US Dollar yang cenderung mengalami kenaikan mulai tahun 2012 sampai tahun 2017. Kurs Rupiah/US Dollar tertinggi terjadi pada bulan September 2015 senilai Rp14.396,00, sedangkan yang terendah terjadi pada bulan Februari 2012 senilai Rp9.025,76. Pada akhir tahun 2017 bulan Desember Kurs Rupiah/US Dollar mencapai Rp13.556,21. Berdasarkan teori yang telah dijelaskan adapun faktor yang mempengaruhi Kurs Rupiah/US Dollar yaitu Suku Bunga, Inflasi, Cadangan Devisa, Ekspor, dan Impor.

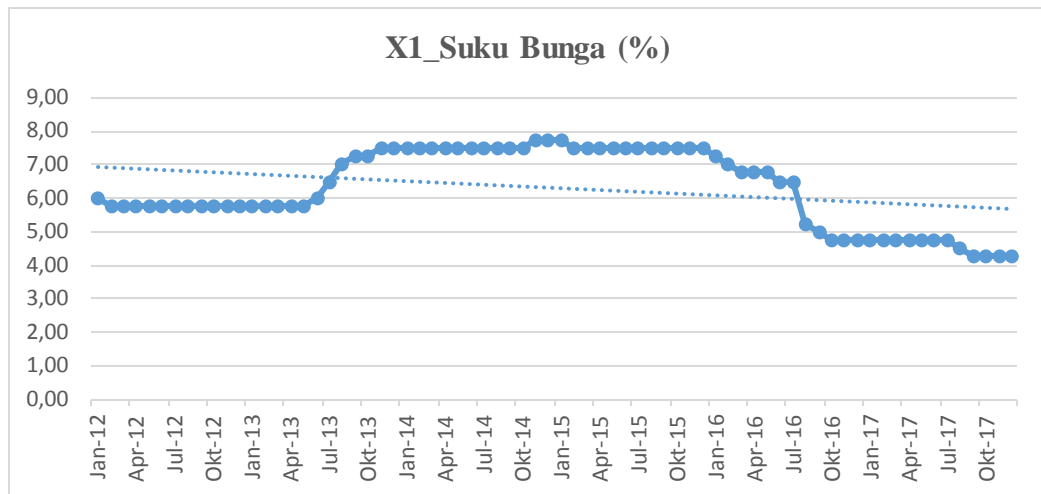
5.1.2 Statistik Deskriptif Suku Bunga

Faktor lain yang mempengaruhi Kurs Rupiah/US Dollar salah satunya yaitu Suku Bunga. **Tabel 5.2** menunjukkan statistik deskriptif mengenai variabel Suku Bunga mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.

Tabel 5.2 Statistik Deskriptif Suku Bunga

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
SK_BUNGA	72	4,25	7,75	6,3125	1,16110

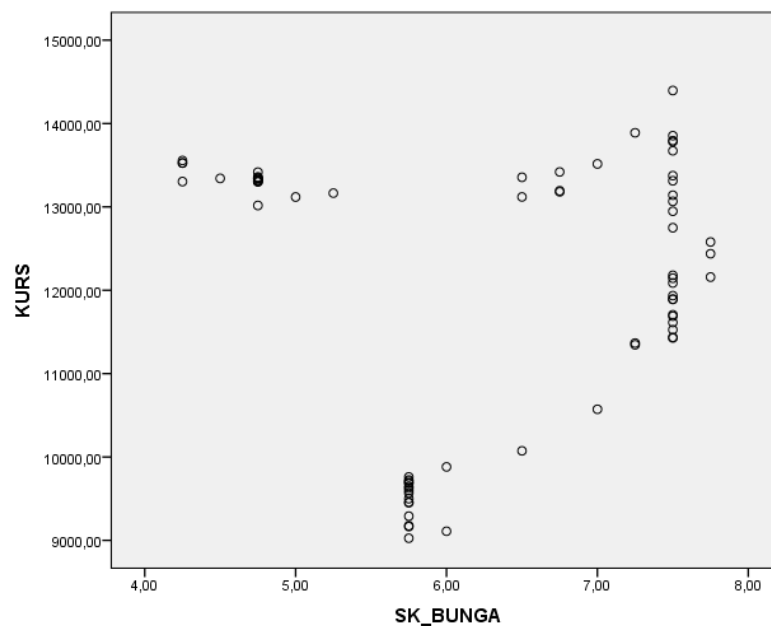
Nilai minimum dan maksimum dari variabel Suku Bunga dengan banyaknya data sebanyak 72 yaitu masing-masing sebesar 4,25% dan 7,75% dengan rata-rata sebesar 6,3125%. **Gambar 5.2** menunjukkan grafik perkembangan Suku Bunga mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.



Gambar 5.2 Grafik Suku Bunga

Pada **Gambar 5.2** menunjukkan grafik nilai Suku Bunga di beberapa bulan berturut-turut stabil. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada bulan Juli 2016 ke bulan Agustus 2016 yaitu turun dari 6,5% menjadi 5,25%. Hal ini terjadi karena suku bunga acuan pada Agustus 2016 berubah menjadi *BI 7 Days Repo Rate* dan berdasarkan hasil Rapat Dewan Gubernur pada 21-22 Agustus memutuskan menurunkan *BI 7-day RR Rate* 4,25% sampai akhir tahun 2017.

Kemudian dibawah ini menunjukkan *Scatterplot* antara variabel Kurs Rupiah/*US Dollar* (Y) dengan variabel Suku Bunga (X_1).



Gambar 5.3 *Scatterplot* antara Kurs (Y) dengan Suku Bunga (X_1)

Pada **Gambar 5.3** menunjukkan penyebaran data Suku Bunga terhadap Kurs Rupiah/*US Dollar* yang menyebar dan tidak diketahui bentuk polanya. Oleh karena sulit untuk menentukan data tersebut mengikuti suatu pola tertentu sehingga dapat menggunakan metode regresi dengan pendekatan nonparametrik. Menurut Eubank (1988), pendekatan regresi nonparametrik digunakan apabila tidak adanya suatu informasi mengenai bentuk hubungan variabel respon dan variabel prediktor, bentuk kurva tidak diketahui, dan bentuk pola menyebar.

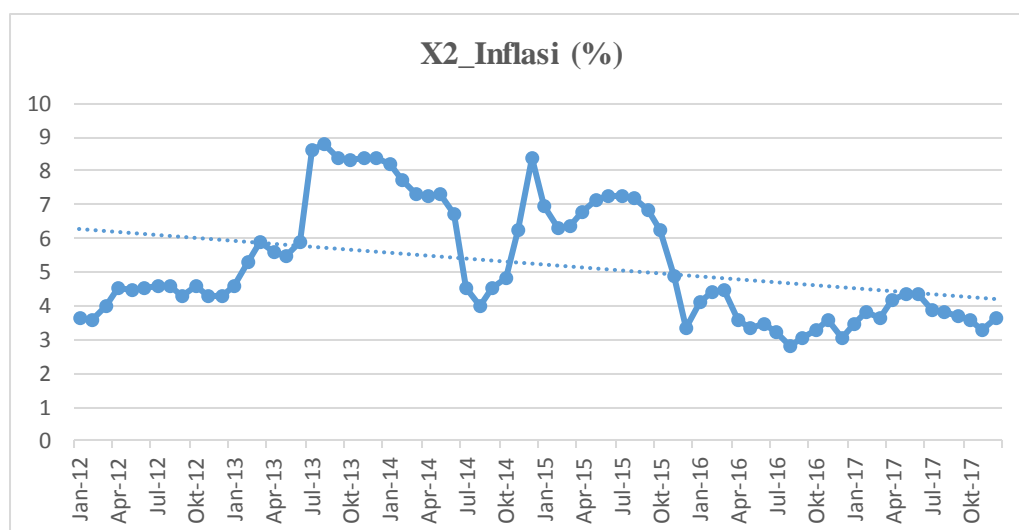
5.1.3 Statistik Deskriptif Inflasi

Faktor lain yang mempengaruhi Kurs Rupiah/*US Dollar* yaitu Inflasi. **Tabel 5.3** menunjukkan statistik deskriptif mengenai variabel Inflasi mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.

Tabel 5.3 Statistik Deskriptif Inflasi

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
INFLASI	72	2,79	8,79	5,2310	1,74103

Nilai minimum dan maksimum dari variabel Inflasi dengan banyaknya data sebanyak 72 yaitu masing-masing sebesar 2,79% dan 8,79% dengan rata-rata sebesar 5,2310%. **Gambar 5.4** menunjukkan grafik perkembangan Inflasi mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.

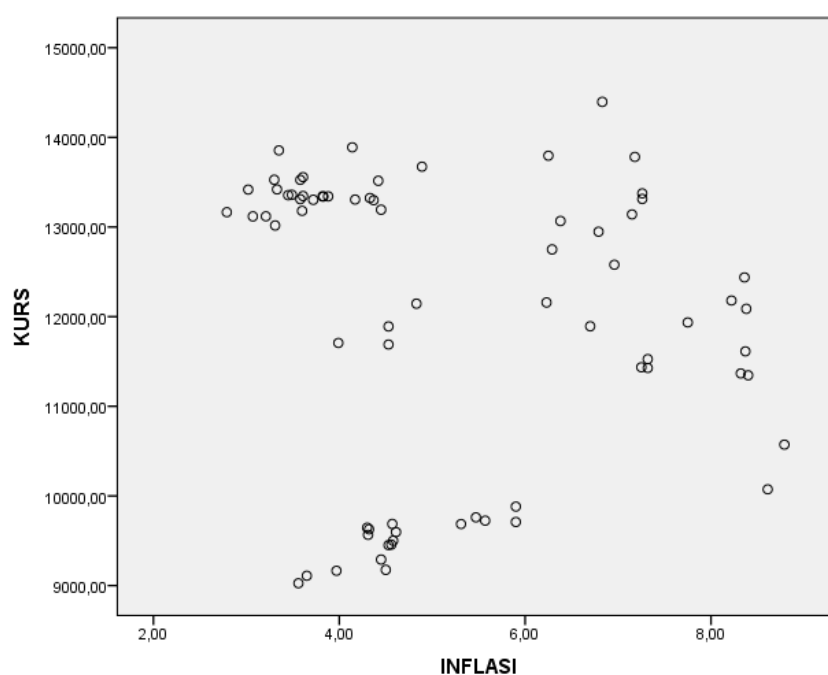


Gambar 5.4 Grafik Inflasi

Pada **Gambar 5.4** menunjukkan grafik nilai Inflasi yang cenderung mengalami kenaikan dan penurunan yang acak atau fluktuatif. Kenaikan yang

sangat signifikan terjadi di bulan Agustus 2014 ke bulan November 2014 yaitu naik dari 3,99% menjadi 8,36%. Sedangkan penurunan yang cukup signifikan terjadi pada bulan September 2015 ke bulan Desember 2015 yaitu turun dari 6,83% menjadi 3,35%. Menurut BPS tingkat inflasi tersebut merupakan yang terendah selama lima tahun terakhir. Hal ini disebabkan pemerintah berhasil mengendalikan harga-harga barang sepanjang akhir tahun 2015.

Kemudian dibawah ini menunjukkan *Scatterplot* antara variabel Kurs Rupiah/*US Dollar* (Y) dengan variabel Inflasi (X_2).



Gambar 5.5 *Scatterplot* antara Kurs (Y) dengan Inflasi (X_2)

Pada **Gambar 5.5** menunjukkan penyebaran data Inflasi terhadap Kurs Rupiah/*US Dollar* yang menyebar dan tidak diketahui bentuk polanya. Oleh karena sulit untuk menentukan data tersebut mengikuti suatu pola tertentu sehingga dapat menggunakan metode regresi dengan pendekatan nonparametrik.

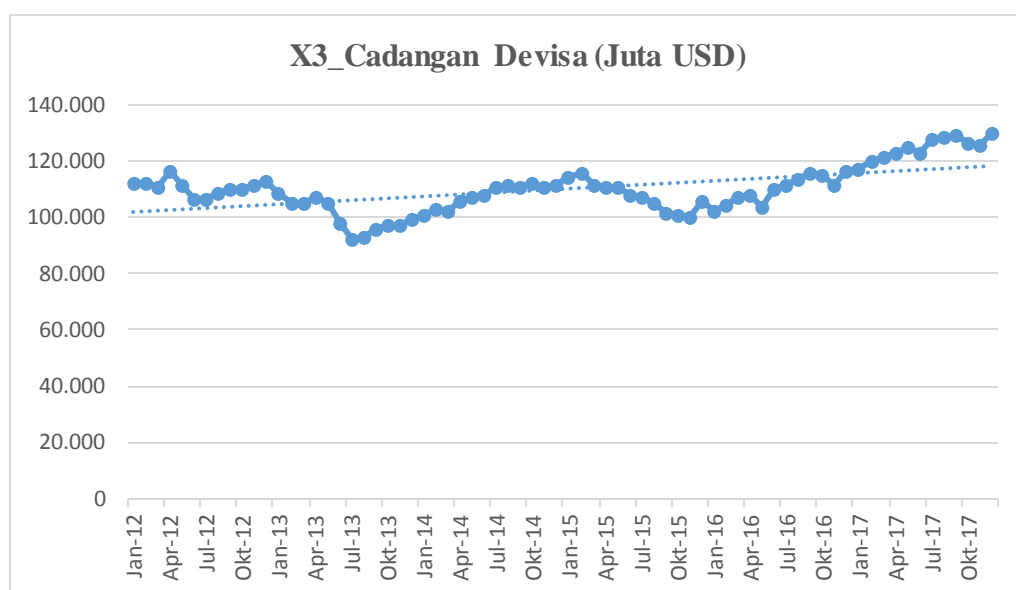
5.1.4 Statistik Deskriptif Cadangan Devisa

Faktor lain yang mempengaruhi Kurs Rupiah/*US Dollar* yaitu Cadangan Devisa. **Tabel 5.4** menunjukkan statistik deskriptif mengenai variabel Cadangan Devisa mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.

Tabel 5.4 Statistik Deskriptif Cadangan Devisa

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
CAD_DEVISA	72	92671,00	130196,00	110238,6667	8590,74257

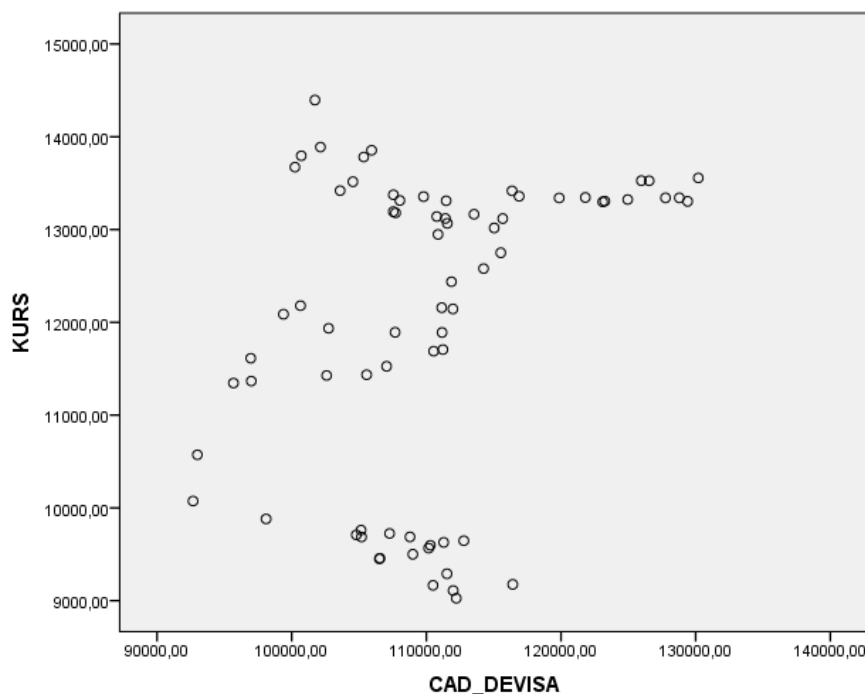
Nilai minimum dan maksimum dari variabel Cadangan Devisa dengan banyaknya data sebanyak 72 yaitu masing-masing sebesar 92.671,00 Juta *US Dollar* dan 130.196,00 Juta *US Dollar* dengan rata-rata sebesar 110.238,6667 Juta *US Dollar*. **Gambar 5.6** menunjukkan grafik perkembangan Cadangan Devisa mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.

**Gambar 5.6** Grafik Cadangan Devisa

Pada **Gambar 5.6** menunjukkan grafik nilai Cadangan Devisa yang cenderung mengalami kenaikan meskipun tidak terlalu signifikan. Nilai terendah Cadangan Devisa terdapat pada bulan Juli 2013 sebesar 92.671 Juta *US Dollar*. Sedangkan nilai tertinggi terdapat pada bulan Desember 2017 mencapai 130.196 Juta *US Dollar*.

Menurut Bank Indonesia, peningkatan tersebut terutama dipengaruhi oleh penerimaan devisa, antara lain berasal dari penerbitan global bonds pemerintah serta penerimaan pajak dan devisa ekspor migas. Posisi cadangan devisa mencerminkan daya stabilitas nilai tukar rupiah. Selama Desember 2017, jika melihat kurs referensi Jakarta Interbank Spot Dolar Rate (Jisdor), posisi nilai tukar rupiah relatif stabil di kisaran Rp13.500 per *US Dollar*.

Kemudian dibawah ini menunjukkan *Scatterplot* antara variabel Kurs Rupiah/*US Dollar* (Y) dengan variabel Cadangan Devisa (X_3).



Gambar 5.7 *Scatterplot* antara Kurs (Y) dengan Cadangan Devisa (X_3)

Pada **Gambar 5.7** menunjukkan penyebaran data Cadangan Devisa terhadap Kurs Rupiah/*US Dollar* yang menyebar dan tidak diketahui bentuk polanya. Oleh karena sulit untuk menentukan data tersebut mengikuti suatu pola tertentu sehingga dapat menggunakan metode regresi dengan pendekatan nonparametrik.

5.1.5 Statistik Deskriptif Ekspor

Faktor lain yang mempengaruhi Kurs Rupiah/*US Dollar* yaitu Ekspor. **Tabel 5.5** menunjukkan statistik deskriptif mengenai variabel Ekspor mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.

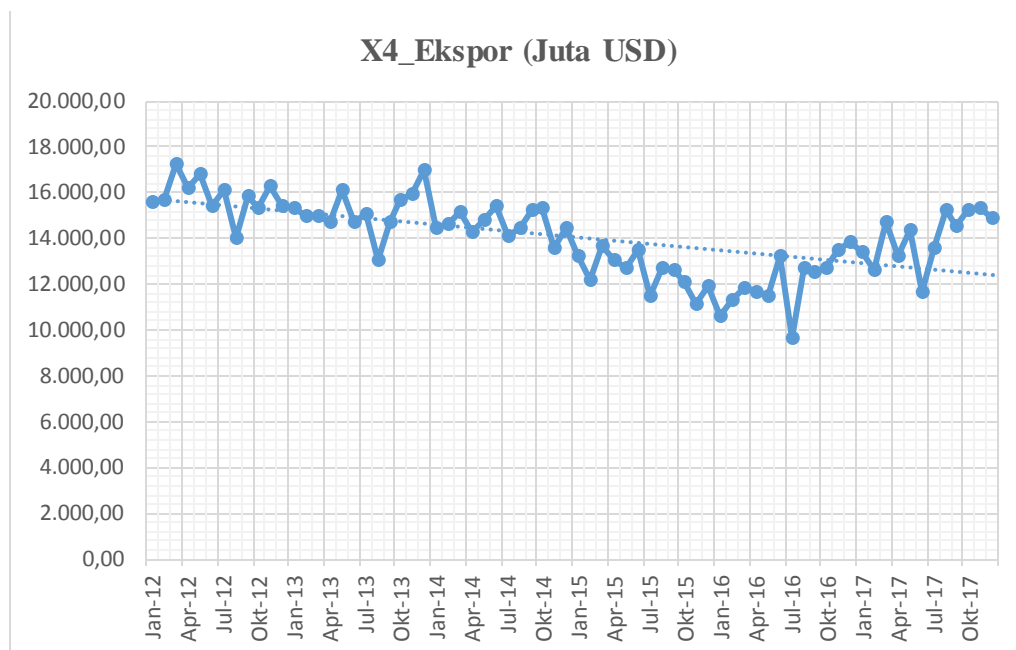
Tabel 5.5 Statistik Deskriptif Ekspor

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
EKSPOR	72	9649,50	17251,50	14068,2639	1642,93448

Nilai minimum dan maksimum dari variabel Ekspor dengan banyaknya data sebanyak 72 yaitu masing-masing sebesar 9.649,50 Juta *US Dollar* dan

17.251,50 Juta *US Dollar* dengan rata-rata sebesar 14.068,2639 Juta *US Dollar*.

Gambar 5.8 menunjukkan grafik perkembangan Ekspor mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.

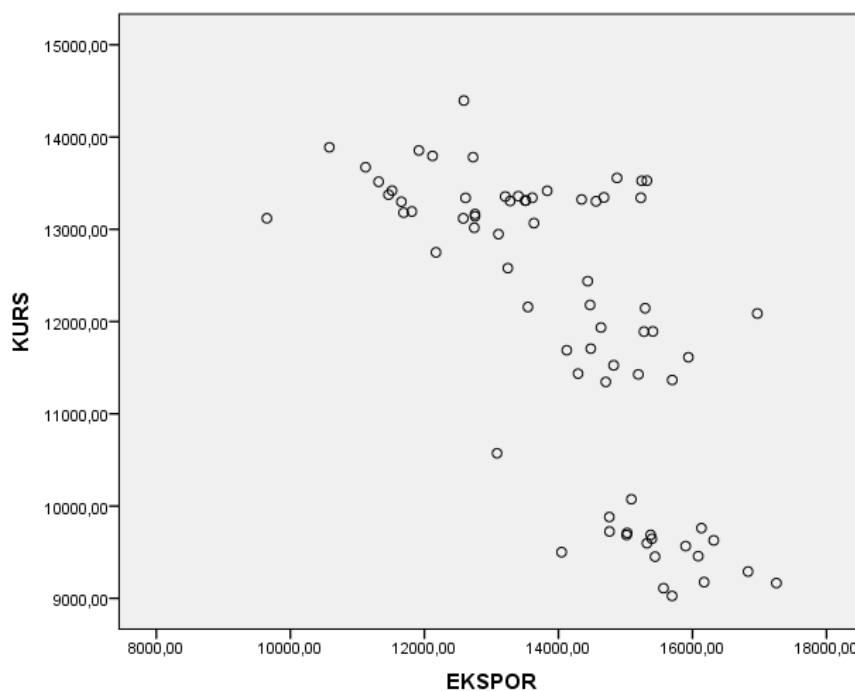


Gambar 5.8 Grafik Ekspor

Pada **Gambar 5.8** menunjukkan grafik nilai Ekspor yang cenderung mengalami kenaikan dan penurunan yang acak atau fluktuatif tiap bulannya. Namun tahun 2012 sampai pertengahan tahun 2016 Ekspor cenderung mengalami penurunan. Mulai dari Agustus 2016 sampai akhir tahun 2017 nilai Ekspor cukup stabil di atas 12.000 Juta *US Dollar*. Hal menarik ketika melihat kinerja perdagangan ekspor Indonesia pada Juli 2016 dan Juni 2017 tercatat mengalami penurunan yang cukup signifikan.

Ada dua faktor utama yang memengaruhinya. Pertama, adalah perlambatan ekonomi global, yang memengaruhi permintaan ekspor. Sementara yang kedua, faktor perayaan hari raya Idul Fitri yang membuat kinerja industri dalam negeri tersendat, karena jumlah hari kerja para karyawan yang ikut berkurang. Artinya, efektivitas industri dalam negeri selama periode Juli terbilang melambat.

Kemudian pada **Gambar 5.9** menunjukkan *Scatterplot* antara variabel Kurs Rupiah/*US Dollar* (Y) dengan variabel Ekspor (X₄).



Gambar 5.9 Scatterplot antara Kurs (Y) dengan Ekspor (X_4)

Pada **Gambar 5.9** menunjukkan penyebaran data Ekspor terhadap Kurs Rupiah/*US Dollar* yang menyebar dan tidak diketahui bentuk polanya. Oleh karena sulit untuk menentukan data tersebut mengikuti suatu pola tertentu sehingga dapat menggunakan metode regresi dengan pendekatan nonparametrik.

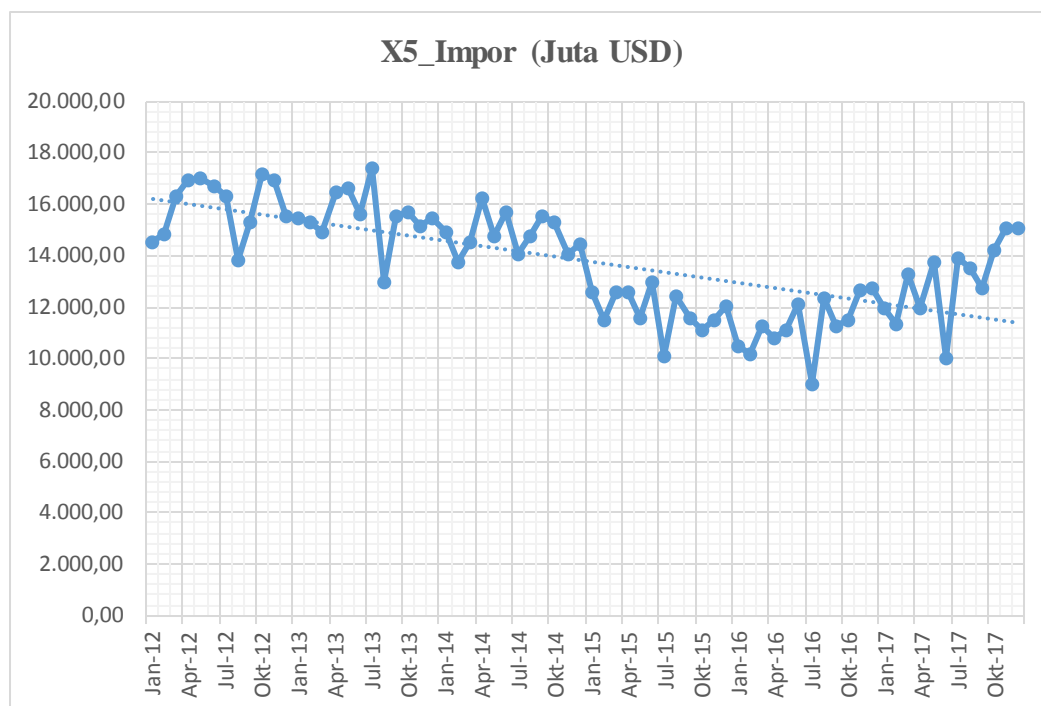
5.1.6 Statistik Deskriptif Impor

Faktor lain yang mempengaruhi Kurs Rupiah/*US Dollar* yaitu Impor. **Tabel 5.6** menunjukkan statistik deskriptif mengenai variabel Impor mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.

Tabel 5.6 Statistik Deskriptif Impor

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
IMPOR	72	9017,20	17417,00	13774,5778	2091,99771

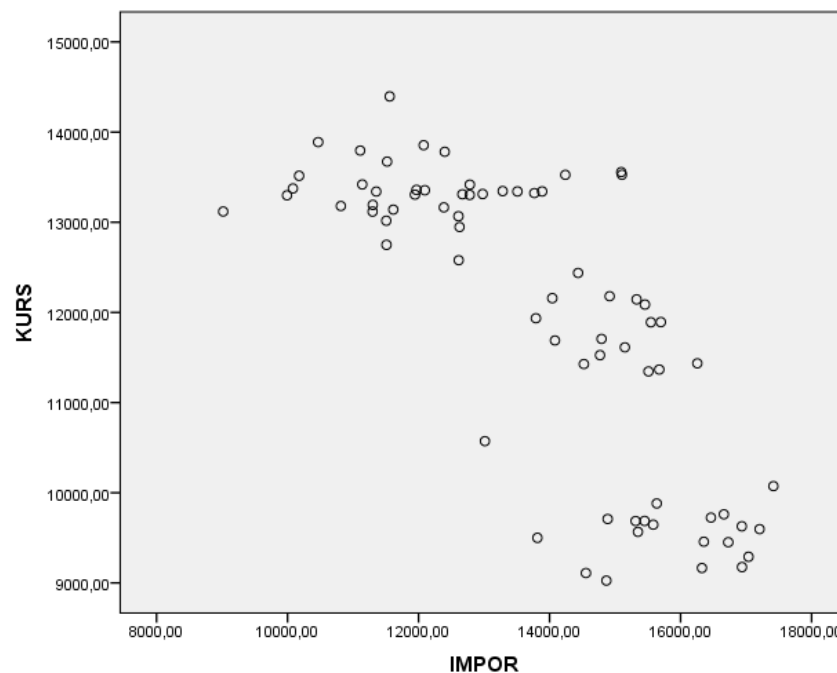
Nilai minimum dan maksimum dari variabel Impor dengan banyaknya data sebanyak 72 yaitu masing-masing sebesar 9.017,20 Juta *US Dollar* dan 17.417,00 Juta *US Dollar* dengan rata-rata sebesar 13.774,5778 Juta *US Dollar*. **Gambar 5.10** menunjukkan grafik perkembangan Impor mulai dari Tahun 2012 sampai Tahun 2017.



Gambar 5.10 Grafik Impor

Pada **Gambar 5.10** menunjukkan grafik nilai Impor yang juga cenderung mengalami kenaikan dan penurunan yang acak atau fluktuatif tiap bulannya. Perkembangan nilai Impor diawal tahun 2017 menunjukkan kenaikan yang cukup baik. Hal ini menandakan perdagangan internasional Indonesia sudah mulai pulih. BPS menyebutkan 2017 merupakan tahun *recovery* untuk perdagangan internasional. Namun, sama halnya dengan perkembangan ekspor, bulan Juli 2016 dan Juni 2017 kegiatan impor mengalami penurunan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena berkurangnya jam kerja selama bulan puasa serta panjangnya hari libur pada Juli 2016 dan Juni 2017 membuat aktivitas ekspor dan impor nasional turun tajam, serta terjadinya perlambatan ekonomi global, yang memengaruhi permintaan ekspor.

Kemudian pada **Gambar 5.11** menunjukkan *Scatterplot* antara variabel Kurs Rupiah/*US Dollar* (Y) dengan variabel Impor (X_5).



Gambar 5.11 Scatterplot antara Kurs (Y) dengan Impor (X5)

Pada **Gambar 5.11** menunjukkan penyebaran data Impor terhadap Kurs Rupiah/*US Dollar* yang menyebar dan tidak diketahui bentuk polanya. Oleh karena sulit untuk menentukan data tersebut mengikuti suatu pola tertentu sehingga dapat menggunakan metode regresi dengan pendekatan nonparametrik.

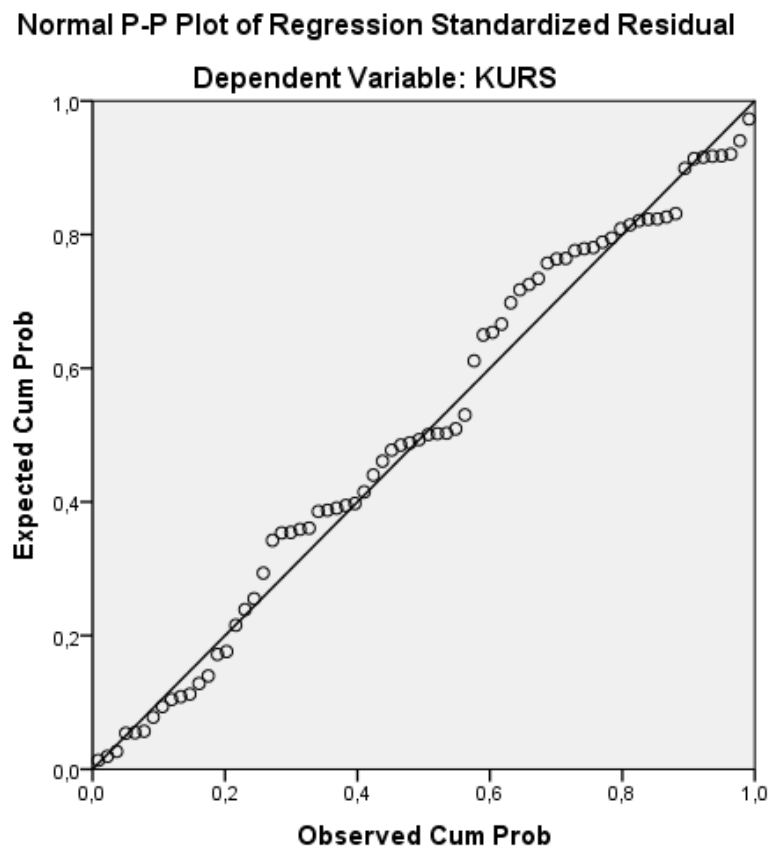
5.2 Uji Asumsi Model Regresi

Sebelum dilakukan analisis dengan menggunakan metode MARS dilakukan pengujian asumsi regresi klasik terlebih dahulu. Apabila memenuhi asumsi regresi klasik maka termasuk model regresi parametrik, dan sebaliknya apabila terdapat salah satu uji tidak memenuhi asumsi regresi klasik maka termasuk model regresi nonparametrik dan dapat menggunakan metode MARS.

5.2.1 Uji Normalitas

Untuk mengetahui apakah nilai residual pada regresi mengikuti distribusi normal atau tidak, dapat dilihat sebagai berikut.

a. Plot Grafik Normal P-P



Gambar 5.12 Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual

Pada prinsipnya normalitas dapat dideteksi dengan melihat penyebaran data (titik) pada sumbu diagonal dari grafik atau dengan melihat histogram dari residualnya, dengan dasar pengambilan keputusan:

- Jika data menyebar disekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal, maka residual memenuhi asumsi normalitas.
- Jika data menyebar jauh dari diagonal dan atau tidak mengikuti arah garis diagonal, maka residual tidak memenuhi asumsi normalitas.

Berdasarkan **Gambar 5.12** dapat disimpulkan bahwa grafik normal plot terlihat titik titik menyebar disekitar garis diagonal, serta penyebarannya tidak terlalu menjauh dari garis diagonal. Hal ini menunjukkan bahwa residual dari model regresi mengikuti asumsi normalitas.

b. Uji Kolmogorov Smirnov

Tabel 5.7 One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

P-value	Statistik Uji	Keputusan
0,200	P-value (0,200) > α (0,05)	Gagal tolak H ₀

Hipotesis untuk pengujian Kolmogorov-Smirnov yang digunakan adalah H_0 : Residual berdistribusi normal dan H_1 : Residual tidak berdistribusi normal. Tingkat signifikansi yang digunakan $\alpha = 0,05$ dan dengan daerah kritis jika Sig. < α , maka tolak H_0 .

Hasil pengujian menghasilkan Sig. (0,200) > α (0,05), maka keputusan yang didapatkan ialah gagal tolak H_0 . Dengan tingkat signifikansi 5% didapatkan kesimpulan bahwa residual berdistribusi normal.

5.2.2 Uji Heterokedastisitas

Uji Heterokedastisitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan variansi dari residual satu pengamatan ke pengamatan lain. Jika variansi dari residual satu pengamatan ke pengamatan lain tetap, maka disebut Homoskedastisitas dan jika berbeda disebut Heterokedastisitas. Uji statistik yang dapat digunakan adalah uji Glejser.

Hipotesis untuk pengujian Glejser yang digunakan adalah H_0 : Tidak ada gejala heterokedastisitas dan H_1 : Ada gejala heterokedastisitas. Tingkat signifikansi yang digunakan $\alpha = 0,05$ dan dengan daerah kritis jika Sig. < α , maka tolak H_0 . Berdasarkan **Lampiran 2**, dalam pengujian ini menggunakan ABS_RES1 sebagai variabel respon. Hasil pengujian menghasilkan :

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Glejser

Variabel	Statistik Uji	Keputusan
Suku Bunga (X_1)	Sig. (0,608) > α (0,05)	Gagal Tolak H ₀
Inflasi (X_2)	Sig. (0,818) > α (0,05)	Gagal Tolak H ₀
Cadangan Devisa (X_3)	Sig. (0,656) > α (0,05)	Gagal Tolak H ₀
Ekspor (X_4)	Sig. (0,356) > α (0,05)	Gagal Tolak H ₀
Impor (X_5)	Sig. (0,337) > α (0,05)	Gagal Tolak H ₀

Berdasarkan **Tabel 5.8** dapat disimpulkan bahwa model regresi tidak mengandung gejala heterokedastisitas.

5.2.3 Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi bertujuan untuk melihat terjadinya korelasi antara suatu pengamatan pada periode dengan periode sebelumnya. Uji statistik yang dapat digunakan adalah uji Durbin-Watson.

Hipotesis untuk pengujian Durbin-Watson yang digunakan adalah H_0 : Tidak terjadi autokorelasi H_1 : Terjadi autokorelasi. Tingkat signifikansi yang digunakan $\alpha = 0,05$ dan dengan dasar pengambilan keputusan sebagai berikut:

- Jika $dw < dL$ atau $d > 4-dL$, berarti terdapat autokorelasi
- Jika $dU < dw < 4-dU$, berarti tidak terdapat autokorelasi
- Jika $dL < dw < dU$ atau $4-dU < dw < 4-dL$, tidak dapat ditarik kesimpulan

Berdasarkan Tabel Durbin-Watson pada **Lampiran 3** nilai tabel dengan $N = 72$, $k = 5$ didapat nilai $dU = 1,7688$ dan $dL = 1,4732$. Hasil pengujian menghasilkan:

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Durbin-Watson

Durbin-Watson	Statistik Uji	Keputusan
1,090	$dw (1,090) < dL (1,4732)$	Tolak H_0

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa terjadi autokorelasi antara residual pada setiap pengamatan.

Dari uji asumsi klasik yang telah dijelaskan diatas, terdapat salah satu uji tidak memenuhi asumsi regresi klasik yaitu terjadi autokorelasi, maka dalam hal ini analisis yang akan digunakan ialah regresi dengan pendekatan nonparametrik dan analisis selanjutnya menggunakan metode MARS.

5.3 Estimasi Model MARS

Berdasarkan tahapan sebelumnya terdapat salah satu uji tidak memenuhi asumsi regresi klasik maka analisis dapat dilanjutkan ke model regresi nonparametrik dan dapat menggunakan metode MARS.

Dalam penelitian ini metode MARS akan diterapkan dalam Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* berdasarkan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya antara lain Suku Bunga (X_1), Inflasi (X_2), Cadangan Devisa (X_3), Ekspor (X_4), dan Impor (X_5). Variabel respon (Y) dalam penelitian ini adalah Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar*. Dalam penelitian ini satuan dalam masing-masing variabel tidak sama, sehingga diperlukan standar nilai yang sama. Oleh karena itu, perlu dilakukan standarisasi data.

Langkah selanjutnya yaitu menentukan model MARS berdasarkan nilai GCV minimum. Nilai GCV minimum diperoleh dengan cara *trial and error* dalam mengkombinasikan jumlah fungsi basis (BF), maksimum interaksi (MI), dan minimum observasi (MO). Variabel prediktor yang digunakan dalam penelitian ini ada sebanyak lima variabel sehingga banyaknya fungsi basis (BF) yang digunakan adalah sebanyak 10, 15, dan 20. Sedangkan nilai dari MI sebesar 1, 2, dan 3, menurut Friedman (1991) jika lebih dari 3 maka nilai GCV semakin meningkat dan model yang dihasilkan semakin kompleks.. Nilai dari MO sebesar 0, 1, 2. **Tabel 5.10** menunjukkan *hasil trial and error* pembentukan Model MARS sebagai berikut.

Tabel 5.10 *Trial and Error* Estimasi Model MARS

Model	BF	MI	MO	GCV
1	10	1	0	0.11028
2	10	1	1	0.10403
3	10	1	2	0.09490
4	10	2	0	0.09584
5	10	2	1	0.09413
6	10	2	2	0.10507
7	10	3	0	0.09584
8	10	3	1	0.11038
9	10	3	2	0.10507
10	15	1	0	0.11265
11	15	1	1	0.09669
12	15	1	2	0.08894
13	15	2	0	0.09845
14	15	2	1	0.09063
15	15	2	2	0.08941

16	15	3	0	0.09111
17	15	3	1	0.08470
18	15	3	2	0.08941
19	20	1	0	0.11265
20	20	1	1	0.09798
21	20	1	2	0.08894
22	20	2	0	0.09769
23	20	2	1	0.07317
24	20	2	2	0.08633
25	20	3	0	0.09164
26	20	3	1	0.08737
27	20	3	2	0.09237

5.4 Model MARS Terbaik

Model MARS terbaik adalah model yang menghasilkan nilai GCV terkecil. Nilai GCV dihasilkan dari mengkombinasikan jumlah fungsi basis (BF), maksimum interaksi (MI), dan minimum observasi (MO) secara *trial and error* sehingga dari 27 model yang terbentuk dihasilkan model terbaiknya yaitu dari kombinasi BF=20, MI=2, dan MO=1 karena memiliki nilai GCV minimum sebesar 0.07317 dengan persamaan model sebagai berikut.

$$Y = -0.38782 + 1.55461 * BF_1 + 0.89569 * BF_2 + 1.04045 * BF_3 + 0.897598 * BF_4 - 0.348961 * BF_5 - 1.66159 * BF_6 + 0.902904 * BF_7 + 0.925205 * BF_{13} - 1.13864 * BF_{15} - 0.680814 * BF_{18};$$

Basis Fungsi yang digunakan dalam model ialah: BF₁, BF₂, BF₃, BF₄, BF₅, BF₆, BF₇, BF₁₃, BF₁₅, dan BF₁₈;

Dengan :

$$BF_1 = \max(0, ZSK_BUNGA + 0.484455);$$

$$BF_2 = \max(0, -0.484455 - ZSK_BUNGA);$$

$$BF_3 = \max(0, ZIMPOR - 0.37286);$$

$$BF_4 = \max(0, 0.37286 - ZIMPOR);$$

$$BF_5 = \max(0, ZCAD_DEVISA + 0.99161) * BF_4;$$

$$BF_6 = \max(0, -0.99161 - ZCAD_DEVISA) * BF_4;$$

$$BF_7 = \max(0, ZINFLASI + 1.10335) * BF_2;$$

$$BF_{11} = \max(0, ZIMPOR + 0.802763);$$

$$BF_{13} = \max(0, ZSK_BUNGA + 0.269142) * BF_{11};$$

$$BF_{15} = \max(0, ZSK_BUNGA + 1.34571) * BF_{11};$$

$$BF_{18} = \max(0, 0.803692 - ZIMPOR) * BF_1;$$

Dari model terbaik yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa variabel-variabel prediktor yang mempengaruhi Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* menggunakan model MARS dengan nilai GCV terkecil adalah Suku Bunga (X_1), Inflasi (X_2), Cadangan Devisa (X_3), dan Impor (X_5). Sedangkan, Ekspor (X_4) tidak mempengaruhi Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar*. Sehingga, variabel prediktor Ekspor (X_4) hilang dan tidak terdapat di dalam persamaan model terbaik yang diperoleh.

5.5 Pengujian Signifikansi Model MARS

Pengujian signifikansi model MARS dilakukan pengujian mengecek signifikan parameter untuk mengevaluasi kecocokan model.

=====					
MARS Regression: Training Data					
=====					
W: 72.00			R-SQUARED: 0.97187		
MEAN DEP VAR: 0.00000			ADJ R-SQUARED: 0.96725		
			UNCENTERED R-SQUARED = R-0 SQUARED: 0.97187		
Parameter		Estimate	S.E.	T-Ratio	P-Value
Constant		-0.38781	0.17938	-2.16196	0.03455
Basis Function 1		1.55462	0.23731	6.55112	0.00000
Basis Function 2		0.89568	0.16800	5.33129	0.00000
Basis Function 3		1.04047	0.17392	5.98261	0.00000
Basis Function 4		0.89760	0.13008	6.90027	0.00000
Basis Function 5		-0.34896	0.05550	-6.28778	0.00000
Basis Function 6		-1.66159	0.24278	-6.84404	0.00000
Basis Function 7		0.90291	0.29722	3.03788	0.00350
Basis Function 13		0.92522	0.29369	3.15028	0.00253
Basis Function 15		-1.13865	0.16473	-6.91235	0.00000
Basis Function 18		-0.68082	0.13692	-4.97237	0.00001

F-STATISTIC = 210.72141			S.E. OF REGRESSION = 0.18096		
P-VALUE = 0.00000			RESIDUAL SUM OF SQUARES = 1.99750		
[MDF,NDF] = [10, 61]			REGRESSION SUM OF SQUARES = 69.00250		

Gambar 5.13 Output Pemodelan Data Menggunakan Metode MARS

5.5.1 Uji Simultan

Pengujian ini dilakukan dengan menguji secara bersamaan parameter yang terdapat dalam model MARS. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah secara umum model MARS telah sesuai atau tidak.

$$H_0 : \alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = \alpha_7 = \alpha_{13} = \alpha_{15} = \alpha_{18} = 0$$

(model tidak signifikan)

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \alpha_M \neq 0; m = 0,1,2,3,4,5,6,7,13,15, \text{ dan } 18$$

(model signifikan)

Dengan taraf signifikansi $\alpha(0,05)$ dan statistik uji yang digunakan adalah uji F:

$$F_{hitung} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \hat{y})^2}{k}}{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \hat{y})^2}{n - k - 1}}$$

Kriteria pengujian model MARS adalah :

- Tolak H_0 jika nilai $F_{hitung} > F_{\alpha(k-1, n-k)}$ atau P-value $< \alpha$
- Terima H_0 pada kondisi sebaliknya.

Berdasarkan **Gambar 5.13** diperoleh F hitung sebesar 210,72141 dengan p-value sebesar 0.00000. Karena p-value < 0.05 maka H_0 ditolak pada taraf signifikansi 0.05. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa model MARS yang dimiliki adalah model yang signifikan sehingga dapat digunakan untuk memprediksi nilai tukar (kurs) Rupiah terhadap *US Dollar*.

5.5.2 Uji Parsial

Pengujian ini dilakukan dengan menguji satu persatu parameter yang terdapat dalam model MARS. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah secara parsial model MARS telah sesuai atau tidak.

$$H_0 : \alpha_M = 0 \text{ (koefisien } \alpha_M \text{ tidak berpengaruh terhadap model)}$$

$$H_1 : \alpha_M \neq 0; M = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 15, \text{ dan } 18$$

(koefisien α_M tidak berpengaruh terhadap model)

Dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dan statistik uji yang digunakan adalah

Uji t:

$$F_{hitung} = \frac{\hat{\alpha}_j}{stdev(\hat{\alpha}_j)}$$

Kriteria pengujian model MARS adalah :

- Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{(\frac{\alpha}{2}, n-k)}$ atau P-value $< \alpha$
- Terima H_0 pada kondisi sebaliknya.

Karena seluruh estimator parameter berdasarkan **Gambar 5.13** yaitu $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7, \alpha_{13}, \alpha_{15}$, dan α_{18} mempunyai nilai p-value < 0.05 maka untuk seluruh estimator parameter, H_0 ditolak pada taraf signifikansi 0.05. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa konstanta dan koefisien fungsi basis 0,1,2,3,4,5,6,7,13,15, dan 18 mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap model.

5.6 Interpretasi Model MARS

Hasil kombinasi antara BF, MI, dan MO yang telah dilakukan secara *trial and error* berdasarkan model persamaan terbaik, diketahui terdapat variabel-variabel prediktor yang mempengaruhi variabel respon yaitu Suku Bunga (X_1), Inflasi (X_2), Cadangan Devisa (X_3), dan Impor (X_5). Fungsi basis yang merupakan komponen interaksi dari fungsi basis lainnya yaitu BF₁ BF₂ BF₃ BF₄ BF₅ BF₆ BF₇ BF₁₃ BF₁₅ BF₁₈.

Interpretasi MARS pada persamaan terbaik tersebut sebagai berikut.

1. BF₁ = max(0, ZSK_BUNGA + 0.484455);

Dengan koefisien 1.55461

Artinya bahwa setiap kenaikan BF₁ sebesar satu satuan akan menambah Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebesar 1.55461 pada Suku Bunga dengan nilai baku persentase lebih dari -0.484455.

2. BF₂ = max(0, -0.484455 - ZSK_BUNGA);

Dengan koefisien 0.89569

Artinya bahwa setiap kenaikan BF₂ sebesar satu satuan akan mengurangi Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebesar 0.89569 pada Suku Bunga dengan nilai baku persentase lebih dari -0.484455.

3. $BF_3 = \max(0, ZIMPOR - 0.37286)$;
 Dengan koefisien 1.04045
 Artinya bahwa setiap kenaikan BF_3 sebesar satu satuan akan menambah Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebesar 1.04045 pada Impor dengan nilai baku lebih dari 0.37286.
4. $BF_4 = \max(0, 0.37286 - ZIMPOR)$;
 Dengan koefisien 0.897598
 Artinya bahwa setiap kenaikan BF_4 sebesar satu satuan akan menambah Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebesar 0.897598 pada Impor dengan nilai baku lebih dari 0.37286.
5. $BF_5 = \max(0, ZCAD_DEVISA + 0.99161) * BF_4$;
 Dengan koefisien - 0.348961
 Artinya bahwa setiap kenaikan BF_5 sebesar satu satuan akan mengurangi Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebesar 0.348961 pada Cadangan Devisa dengan nilai baku lebih dari -0.99161, nilai baku Impor lebih dari 0.37286.
6. $BF_6 = \max(0, -0.99161 - ZCAD_DEVISA) * BF_4$;
 Dengan koefisien - 1.66159
 Artinya bahwa setiap kenaikan BF_6 sebesar satu satuan akan mengurangi Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebesar 1.66159 pada Cadangan Devisa dengan nilai baku lebih dari -0.99161, nilai baku Impor lebih dari 0.37286.
7. $BF_7 = \max(0, ZINFLASI + 1.10335) * BF_2$;
 Dengan koefisien 0.902904
 Artinya bahwa setiap kenaikan BF_7 sebesar satu satuan akan menambah Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebesar 0.902904 pada Inflasi dengan nilai baku persentase lebih dari -1.10335, dan nilai baku persentase Suku Bunga lebih dari -0.484455.
8. $BF_{11} = \max(0, ZIMPOR + 0.802763)$;
9. $BF_{13} = \max(0, ZSK_BUNGA + 0.269142) * BF_{11}$;
 Dengan koefisien 0.925205

Artinya bahwa setiap kenaikan BF_{13} sebesar satu satuan akan menambah Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebesar 0.925205 pada Suku Bunga dengan nilai baku persentase lebih dari -0.269142, dan nilai baku Impor lebih dari -0.802763.

$$10. BF_{15} = \max(0, ZSK_BUNGA + 1.34571) * BF_{11};$$

Dengan koefisien - 1.13864

Artinya bahwa setiap kenaikan BF_{15} sebesar satu satuan akan mengurangi Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebesar 1.13864 pada Suku Bunga dengan nilai baku persentase lebih dari 1.34571, dan nilai baku Impor lebih dari -0.802763.

$$11. BF_{18} = \max(0, 0.803692 - ZIMPOR) * BF_1;$$

Dengan koefisien -0.680814

Artinya bahwa setiap kenaikan BF_{18} sebesar satu satuan akan mengurangi Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebesar 0.680814 pada Impor dengan nilai baku lebih dari 0.803692, dan nilai baku persentase Suku Bunga lebih dari -0.484455.

5.7 Tingkat Kepentingan Variabel Prediktor

Tingkat pentingnya pada masing-masing variabel prediktor terhadap fungsi pengelompokan disajikan dalam **Gambar 5.14**

=====		
Variable Importance		
=====		
Variable	Importance	-gcv

ZSK_BUNGA	100.00000	0.51316
ZIMPOR	89.48838	0.42552
ZCAD_DEVISA	33.52044	0.12261
ZINFLASI	6.36421	0.07496
ZEKSPOR	0.00000	0.07317

Gambar 5.14 Tingkat Kepentingan Variabel Prediktor

Fungsi yang diperoleh menunjukkan bahwa variabel prediktor yang memiliki tingkat pentingnya dalam pengelompokan dari tingkat tinggi hingga

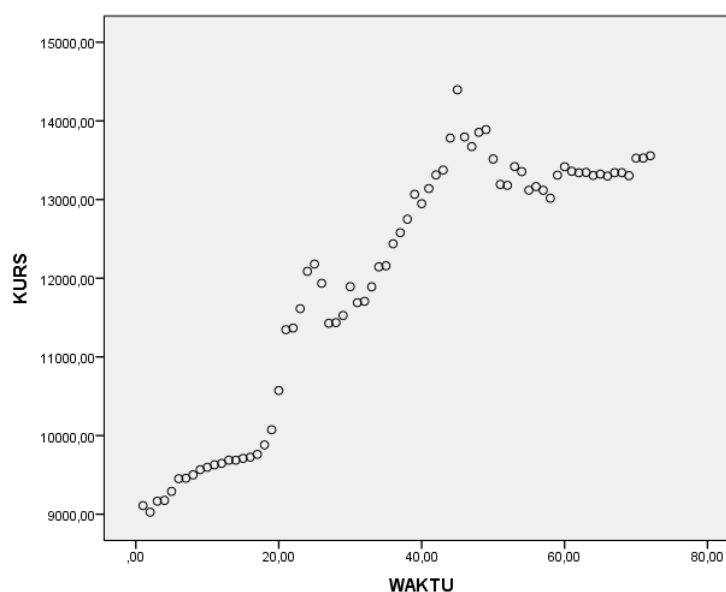
terendah adalah variabel Suku Bunga (X_1) sebesar 100%, Impor (X_5) sebesar 89,48%, Cadangan Devisa (X_3) sebesar 33,52%, dan Inflasi (X_2) sebesar 6,364%.

5.8 Nadaraya-Watson Dengan Fungsi Kernel Gaussian

5.8.1 Uji Linearitas dan Uji Normalitas

Dengan menggunakan data Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* yang dapat dilihat pada **Lampiran 1**, terlebih dahulu akan dilakukan analisis data awal. Dalam hal ini menggunakan Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* sebagai variabel respon dan Waktu (dalam harian) sebagai variabel respon. Analisis regresi harus memenuhi asumsi linearitas dan normalitas. Uji linearitas dilakukan dengan membuat plot data, plot data tersebut digunakan untuk melihat apakah ada hubungan linear antara variabel X dan Y, selain itu dapat digunakan untuk menduga bentuk fungsi data yang mendekati dan melihat bagaimana perubahan pola perilaku kurva. Banyak dijumpai bentuk fungsi yang dapat menggambarkan hubungan antara peubah sehingga dalam menganalisis suatu hasil penelitian haruslah ditentukan terlebih dahulu bentuk kurva yang sesuai untuk merepresentasikan data.

Gambar 5.15 berikut menunjukkan pola hubungan antara Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* dan Waktu (dalam harian):



Gambar 5.15 Plot Nilai Tukar (Kurs) Rupia/*US Dollar* terhadap Waktu

Plot tersebut menunjukkan bahwa variabel Waktu dan variabel Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* tidak berhubungan secara linear. Dari plot dapat diketahui bahwa pada waktu harian pertama, Plot Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* naik secara signifikan seiring dengan waktu demi waktu dengan kenaikan Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar*. Jadi, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan linear antara Waktu (harian) dan Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar*.

Selanjutnya perlu dilakukan uji normalitas agar diperoleh hasil yang pasti apakah asumsi kenormalan terpenuhi atau tidak. Akan dilakukan uji hipotesis asumsi normalitas terhadap data variabel respon yaitu Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar*. Jumlah sampel yang dianalisis sebanyak 72, maka uji normalitas dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Dari statistik uji p-value, diperoleh nilai p-value adalah 0,000. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai alpha sebesar 0,05. Oleh karena itu H_0 ditolak, jadi dapat disimpulkan bahwa data Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap *US Dollar* tidak berdistribusi normal.

Setelah diketahui bahwa variabel respon tidak memenuhi asumsi linearitas, dan tidak berdistribusi normal, maka dapat digunakan solusi alternatif yaitu regresi nonparametrik dengan fungsi penduga kernel. Dalam kasus ini, fungsi kernel yang digunakan adalah kernel Gaussian. Estimator yang digunakan adalah estimator Nadaraya-Watson. Order derivatif yang digunakan adalah order nol.

5.8.2 Pemilihan *Bandwidth* Pada Data Kurs Rupiah/*US Dollar*

Dalam suatu Regresi Kernel, hal yang paling penting terletak pada besarnya nilai parameter *bandwidth*-nya. Oleh sebab itu, dalam pembahasan berikut ini akan dihitung nilai parameter *bandwidth* untuk masing-masing metode. Metode yang digunakan dalam menentukan besarnya nilai parameter *bandwidth* pada kasus ini adalah *bandwidth* “*Rule of Thumb*”, *Unbiased (Least Square) Cross Validation*, *Biased Cross Validation* dan *Complete Cross Validation*. Fungsi kernel yang digunakan untuk mencari *bandwidth* adalah fungsi kernel Gaussian.

Dengan menggunakan bantuan software R 3.3.1 dan untuk hasil output pada **Lampiran 7 bagian 2**, dihasilkan nilai parameter *bandwidth* untuk data Kurs Rupiah/*US Dollar* dengan metode *bandwidth “Rule of Thumb”* sebesar 20,2914, metode *Unbiased Cross Validation* sebesar 11,0475, metode *Biased Cross Validation* sebesar 13,91369, sedangkan untuk perhitungan metode *Complete Cross Validation* dihasilkan *bandwidth* sebesar 4,448778. Nilai-nilai parameter smoothing yang telah dihasilkan, maka dapat dirangkum dalam sebuah tabel berikut ini :

Tabel 5.11 Nilai *Bandwidth* Data Kurs Rupiah/*US Dollar*

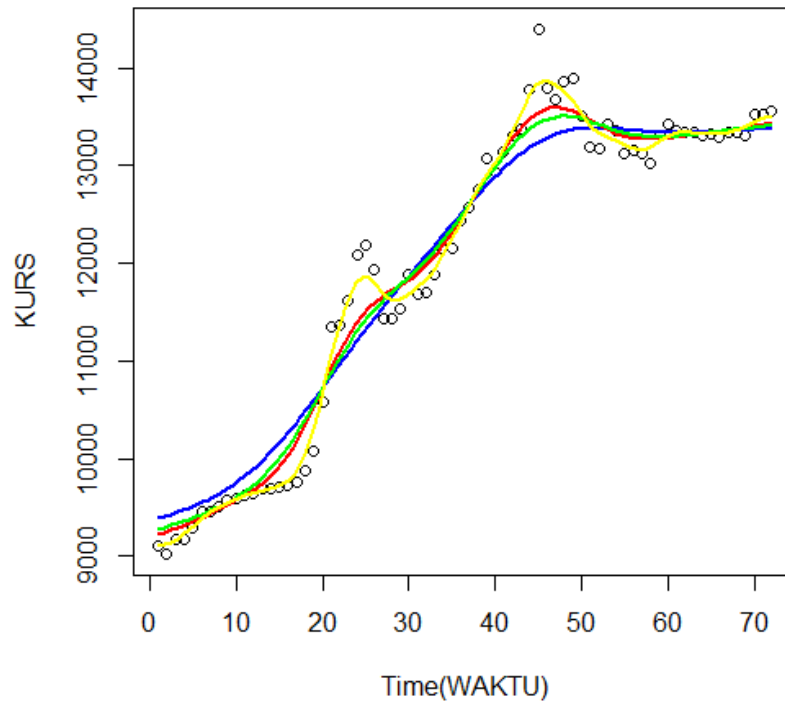
Metode	<i>Bandwidth</i>
<i>“Rule of Thumb”</i>	20,2914
<i>Unbiassed Cross Validation</i>	11,0475
<i>Biassed Cross Validation</i>	13,91369
<i>Complete Cross Validation</i>	4,448778

Besarnya nilai parameter *bandwidth* tersebut, selanjutnya digunakan pada metode kernel yang akan digunakan dengan cara mensubtitusikan nilai *bandwidth* tersebut pada estimator Nadaraya-Watson. Selanjutnya akan dicari model estimasi Kurs Rupiah/*US Dollar* menggunakan estimator Nadaraya Watson dengan tipe Kernel Gaussian dan parameter *bandwidth* yang telah dihasilkan pada tabel 5.12

5.8.3 Kurva Estimasi

Dalam pembahasan ini, akan dilakukan perhitungan nilai estimasi Kurs Rupiah/*US Dollar* menggunakan software R 3.1.1 Setelah dilakukan running program, maka dihasilkan nilai estimasi yang tercantum pada **Lampiran 8**.

Berikut perbandingan kurva antar metode pemilihan *bandwidth* metode *Rule of Thumb*, metode *Unbiased Cross Validation*, metode *Biased Cross Validation* dan metode *Complete Cross Validation* dengan menggunakan estimator Nadaraya-Watson untuk data Kurs Rupiah/*US Dollar* :



Gambar 5.16 Kurva Hasil Estimasi Kurs Rupiah/*US Dollar*

Keterangan:

<i>Rule of Thumb</i>	= Berwarna Biru
<i>Unbiased Cross Validation</i>	= Berwarna Merah
<i>Biassed Cross Validation</i>	= Berwarna Hijau
<i>Complete Cross Validation</i>	= Berwarna Kuning

Dari **Gambar 5.16** dapat dilihat bahwa kurva estimator Nadaraya-Watson dengan metode pemilihan *bandwidth* yaitu *bandwidth "Rule of Thumb"* menghasilkan kurva yang cukup mulus. Berbeda dengan metode-metode yang lain, yaitu metode *Unbiased Cross Validation*, *Biassed Cross Validation* maupun *Complete Cross Validation* menunjukkan bahwa kurva regresi tidak cukup mulus. Akan tetapi, dengan *bandwidth Complete Cross Validation* yang paling mendekati hasil estimasi dengan titik data aktual.

5.8.4 Perbandingan RMSE

Pada pembahasan ini, akan dibahas perbandingan metode yang digunakan terhadap data Kurs Rupiah/*US Dollar*. Dengan perbandingan ini, maka akan diketahui metode pemilihan *bandwidth* yang lebih akurat dalam mengestimasi data Kurs Rupiah/*US Dollar*.

Dengan perbandingan ini, akan dilihat plot grafik pada **Gambar 5.16** terhadap data Kurs Rupiah/*US Dollar* yang ada dan menggunakan tingkat besarnya *error*. Dikarenakan menggunakan plot grafik akan cukup menyulitkan disaat terdapat plot yang berhimpit, maka digunakan cara melihat besarnya *error* yang dihasilkan dari estimator tersebut. Metode yang menghasilkan besarnya *error* yang paling kecil menandakan bahwa metode tersebut adalah metode yang lebih baik untuk mengestimasi data Kurs Rupiah/*US Dollar*.

Dengan estimator Nadaraya-Watson dan berbagai metode pemilihan *bandwidth*, maka dihasilkan nilai RMSE sebagai berikut :

Tabel 5.12 Nilai RMSE Data Kurs Rupiah/*US Dollar*

Metode	RMSE
<i>Rule of Thumb</i>	346,58
<i>Unbiased Cross Validation</i>	239,83
<i>Biassed Cross Validation</i>	278,29
<i>Complete Cross Validation</i>	131,08

Dari **Tabel 5.12** dapat dilihat bahwa pemilihan *bandwidth* dengan metode “*Complete Cross Validation*” memiliki nilai RMSE yang paling kecil untuk data Kurs Rupiah/*US Dollar*. Nilai RMSE data estimasi Kurs Rupiah/*US Dollar* yaitu sebesar 131,08. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa metode pemilihan *bandwidth* “*Complete Cross Validation*” merupakan metode pemilihan *bandwidth* yang paling tepat digunakan untuk mengestimasi Kurs Rupiah/*US Dollar*.

5.8.5 Perbandingan Data Asli & Hasil Estimasi

Berikut perbandingan data asli & hasil estimasi Kurs Rupiah/*US Dollar* menggunakan metode pemilihan *bandwidth* “*Complete Cross Validation*”:

Tabel 5.13 Perbandingan Data Asli & Hasil Estimasi

Waktu (harian)	Kurs	Waktu (harian)	Kurs (Complete Cross Validation)
1	9109.14	1	9102.788
2	9025.76	2	9124.394
3	9165.33	3	9165.112
4	9175.5	4	9227.107
5	9290.24	5	9303.908

6	9451.14	6	9381.716
7	9456.59	7	9448.983
8	9499.84	8	9503.664
9	9566.35	9	9549.203
10	9597.14	10	9587.895
11	9627.95	11	9620.482
12	9645.89	12	9647.92
13	9687.33	13	9671.516
14	9686.65	14	9693.921
15	9709.42	15	9722.129
16	9724.05	16	9770.945
17	9760.91	17	9865.61
18	9881.53	18	10038.349
19	10073.4	19	10309.78
20	10572.5	20	10660.832
21	11346.2	21	11031.895
22	11366.9	22	11365.482
23	11613.1	23	11633.174
24	12087.1	24	11809.707
25	12179.65	25	11862.42
26	11935.1	26	11797.63
27	11427.05	27	11688.23
28	11435.75	28	11622.656
29	11525.94	29	11632.431
30	11892.62	30	11687.024
31	11689.06	31	11752.939
32	11706.67	32	11832.819
33	11890.77	33	11943.238
34	12144.87	34	12083.906
35	12158.3	35	12243.199
36	12438.29	36	12413.276
37	12579.1	37	12587.866
38	12749.84	38	12755.713
39	13066.82	39	12905.248
40	12947.76	40	13038.426
41	13140.53	41	13175.29
42	13313.24	42	13339.429
43	13374.79	43	13534.735
44	13781.75	44	13724.502
45	14396.1	45	13845.176
46	13795.86	46	13868.616

47	13672.57	47	13828.576
48	13854.6	48	13761.129
49	13889.05	49	13662.565
50	13515.7	50	13531.769
51	13193.14	51	13407.363
52	13179.86	52	13329.648
53	13419.65	53	13292.163
54	13355.05	54	13258.828
55	13118.82	55	13214.03
56	13165	56	13173.82
57	13118.24	57	13162.18
58	13017.24	58	13191.027
59	13310.5	59	13249.149
60	13417.67	60	13306.043
61	13358.71	61	13337.43
62	13340.84	62	13342.809
63	13345.5	63	13335.418
64	13306.39	64	13326.651
65	13323.35	65	13322.271
66	13298.25	66	13324.83
67	13342.1	67	13336.345
68	13341.82	68	13360.529
69	13303.47	69	13399.64
70	13526	70	13446.754
71	13527.36	71	13488.452
72	13556.21	72	13517.017

Hasil estimasi pada **Tabel 5.13** dapat digunakan secara umum untuk menduga Kurs Rupiah/*US Dollar* berdasarkan waktunya. Misalkan ingin mengetahui Kurs Rupiah/*US Dollar* pada waktu ke-12 dengan diketahui Kurs Rupiah/*US Dollar* pada waktu ke-11 sebesar 9627.95, maka dari tabel tersebut dapat ditemukan jawabannya bahwa Kurs Rupiah/*US Dollar* pada waktu ke-12 adalah sekitar 9647.92.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan yang dilakukan pada BAB V, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kurs Rupiah/*US Dollar* tertinggi terjadi pada bulan September 2015 senilai Rp14.396,00, yang terendah terjadi pada bulan Februari 2012 senilai Rp9.025,76, dan rata-ratanya senilai Rp11.965,096. Nilai Suku Bunga di beberapa bulan berturut-turut stabil. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada bulan Juli 2016 ke bulan Agustus 2016 yaitu turun dari 6,5% menjadi 5,25%. Inflasi cenderung mengalami kenaikan dan penurunan yang acak atau fluktuatif. Kenaikan yang sangat signifikan terjadi di bulan Agustus 2014 ke bulan November 2014 yaitu naik dari 3,99% menjadi 8,36%. Sedangkan penurunan yang cukup signifikan terjadi pada bulan September 2015 ke bulan Desember 2015 yaitu turun dari 6,83% menjadi 3,35%. Cadangan Devisa cenderung mengalami kenaikan meskipun tidak terlalu signifikan. Nilai terendah Cadangan Devisa terdapat pada bulan Juli 2013 sebesar 92.671 Juta *US Dollar*. Sedangkan nilai tertinggi terdapat pada bulan Desember 2017 mencapai 130.196 Juta *US Dollar*. Tahun 2012 sampai pertengahan tahun 2016 Ekspor cenderung mengalami penurunan. Mulai dari Agustus 2016 sampai akhir tahun 2017 nilai Ekspor cukup stabil diatas 12.000 Juta *US Dollar*. Perkembangan nilai Impor diawal tahun 2017 menunjukkan kenaikan yang cukup baik. Hal ini menandakan perdagangan internasional Indonesia sudah mulai pulih.
2. Model MARS terbaik diperoleh dari kombinasi BF=20, MI=2, dan MO=1 secara *trial and error* karena memiliki nilai GCV minimum sebesar 0.07317. Model *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) pada variabel prediktor Kurs Rupiah/*US Dollar* dengan persamaan model sebagai berikut.

$$Y = -0.38782 + 1.55461 * BF_1 + 0.89569 * BF_2 + 1.04045 * BF_3 + 0.897598 * BF_4 - 0.348961 * BF_5 - 1.66159 * BF_6 + 0.902904 * BF_7 + 0.925205 * BF_{13} - 1.13864 * BF_{15} - 0.680814 * BF_{18};$$

3. Besar tingkat pentingnya variabel-variabel prediktor terhadap model terbaik yang diperoleh secara signifikan mempengaruhi Kurs Rupiah/US Dollar berturut-turut adalah Suku Bunga (X_1) sebesar 100%, Impor (X_5) sebesar 89,48%, Cadangan Devisa (X_3) sebesar 33,52%, dan Inflasi (X_2) sebesar 6,364%. Suku Bunga (X_1) dengan pentingnya 100% artinya bahwa Suku Bunga yang memiliki tingkat pentingnya sangat mempengaruhi Kurs Rupiah/US Dollar.
4. Metode *Bandwidth* “*Complete Cross Validation*” memberikan hasil estimasi dengan nilai RMSE paling kecil dibandingkan dengan metode lain. Sehingga metode tersebut merupakan metode pemilihan *bandwidth* terbaik untuk mengestimasi data Kurs Rupiah/US Dollar dari Januari 2012 sampai Desember 2017. Hasil estimasi pada skripsi ini dapat digunakan secara umum untuk menduga Kurs Rupiah/US Dollar berdasarkan waktunya.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian lanjutan dapat menambahkan variabel-variabel prediktor lain seperti jumlah uang beredar, neraca pembayaran, pendapatan perkapita, ataupun produk domestik bruto yang dapat mempengaruhi Kurs Rupiah/US Dollar dengan lebih baik menggunakan metode MARS.
2. Untuk model regresi yang mengalami masalah multikolinearitas, sebaiknya peneliti tidak mengeluarkan variabel prediktor yang berkorelasi tinggi pada model untuk penanganan multikolinearitas karena akan menyebabkan interpretasi hasil analisis jauh dari fakta.
3. Pada penelitian ini digunakan estimator Nadaraya-Watson untuk mencari estimasi data. Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan estimator kernel lainnya atau jenis fungsi kernel lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Asriani, E. D. 2016. *Estimasi Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) Pada Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG)*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Atmadja, S. A. 2002. *Analisa Pergerakan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika Setelah Diterapkannya Kebijakan Sistem Nilai Tukar Mengambang Bebas di Indonesia*. Jurnal Ekonomi Akuntansi dan Keuangan, Volume 4 No. 1. Hal 69-78 Jakarta: Universitas Kristen Petra.
- Aydin, D. 2007. *A Comparison of the Nonparametric Regression Models using Smoothing Spline and Kernel Regression*. World Academy of Science, Engineering and Technology, 36, 253-257.
- Bank Indonesia. 2008. *Laporan Perekonomian Indonesia Tahun 2008*. http://www.bi.go.id/id/publikasi/laporan-tahunan/perekonomian/Pages/lpi_2008.aspx. Diakses tanggal 20 April 2018, pukul 20.45 WIB.
- Bank Indonesia. 2015. *Tinjauan Kebijakan Moneter Januari 2015*. <https://www.bi.go.id/id/publikasi/kebijakan-moneter/tinjauan/Pages/Tinjauan-Kebijakan-Moneter-Januari-2015.aspx>. Diakses tanggal 20 April 2018, pukul 20.50 WIB.
- Budiantara, I. N. 2004. *Konsistensi Estimator Spline Terbobot Berdasarkan Kriteria Integrated Mean Square Error*. Prosiding Konferensi Nasional Matematika, XII Himpunan Matematika Indonesia Jurusan Matematika FMIPA UNUD Bali.
- Dapaole, S. 2016. *Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kurs Rupiah Periode 1986-2015*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Draper, N. R., dan Smith H., 1992. *Analisis Regresi Terapan*, Terjemahan Bambang Sumantri. Jakarta: Gramedia.
- Dumairy. 1996. *Perekonomian Indonesia*. Yogyakarta: Erlangga
- Eachern, W. 2000. *Ekonomi Makro: Pendekatan Kontemporer*. Edisi Pertama. Jakarta: Salemba Empat.
- Ekananda, M. 2015. *Ekonometrika Dasar*. Edisi Pertama. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Eubank, R. L. 1999. *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*. Second Edition, Marcel Dekker, New York.

- Friedman, J. H. 1991. *Multivariate Adaptive Regression Spline (With Discussion)*. The Annals of Statistics, Vol. 19, hal. 1-141.
- Guidom, A. C. 2015. *Kernel Estimator and Bandwidth Selection for Density and its Derivatives*. Journal The Kedd Package. Hal. 1-22.
- Hardle, W. 1990. *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge University.
- Hasan, M. I. 2001. *Pokok-pokok Materi Statistik I (Statistik Deskriptif)*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kadir. 2015. *Statistika Terapan: Konsep, Contoh dan Analisis Data dengan Program SPSS/Lisrel*. Edisi Kedua. Jakarta: Rajawali Pers.
- Krugman, P. R., dan Maurice Obstfeld. 2003. *International Economics: Theory dan Practice*. Eight Edition, New York: Addison-Wesley Publishing Company.
- Lipsey, R. G., Purvis, Douglas D & Steiner, Peter O. 1990. *Pengantar Makroekonomi*. Jakarta: Erlangga.
- Madura, J. 2006. *International Corporate Finance (Keuangan Perusahaan Internasional)*. Jakarta: Salemba Empat.
- _____, J. 1993. *Financial Management*. Florida: University Express.
- Mankiw, N. G. 2000. *Teori Makroekonomi*. Jakarta : Erlangga.
- Murdayanti, Y. 2012. *Pengaruh Gross Domestic Product , Inflasi, Suku Bunga, Money Supply, Current Account, dan Capital Account Terhadap Nilai Kurs rupiah Indonesia-Dollar Amerika*. Econosains. Vol. X No.1.
- Nawari. 2010. *Analisis Regresi dengan MS Excel 2007 dan SPSS 17*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo. Penerbit Gava Media. Yogyakarta.
- Neter, J., Wasserman W., dan Kutner M. H. 1997. *Analisis Regresi Linear Sederhana*. Alih Bahasa Bambang Sumantri. Bogor: FMIPA IPB.
- Nisa', S. F., dan I Nyoman Budiantara. 2012. *Analisis Survival dengan Pendekatan Multivariate Adaptive Regression Splines pada Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD)*. Jurnal Sains dan Seni, 1(1): 318-323.
- Oktavia, L., Adek., Sentosa, Ulfa Sri dan Aimon Hasdi. 2013. *Analisis Kurs dan Money Supply Di Indonesia*. Jurnal Kajian Ekonomi. Vol.1 No.02.
- Otok, B. W, dkk. 2008. *Asimtotik Model Multivariate Adaptive Regression Spline*. Jurnal S3 Matematika UGM, 10(2): 112-119.

- Pintowati, W., dan Otok, B.W. 2012. *Pemodelan Kemiskinan di Propinsi Jawa Timur dengan Pendekatan Multivariate Adaptive*. Jurnal Sains dan Seni ITS Vol.1 No.1.
- Samuelson, P., dan William D. Nordhaus. 2004. *Ilmu Makroekonomi*. Edisi 17. Jakarta: PT. Media Global Edukasi.
- Saputra, J. A. 2016. *Pemilihan Bandwidth Pada Estimator Nadaraya-Watson Dengan Tipe Kernel Gaussian Pada Data Time Series*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Silverman, B.W. 1986. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Chapman and Hall New York.
- Sukarsa, I. K. G., dan I Gusti Ayu Made Srinadi. 2012. *Estimator Kernel dalam Model Regresi Nonparametrik*. Jurnal Matematika, Vol:2. Hal 19-30.
- Sukirno, S. 1981. *Pengantar Teori Makroekonomi*. Jakarta: Bina Grafika.
- _____, S. 2004. *Makro Ekonomi Modern*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Perkasa.
- Todaro, M. P. 2000. *Ekonomi untuk Negara Berkembang: Suatu Pengantar tentang Prinsip-prinsip, Masalah dan Kebijakan Pembangunan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Triyono. 2008. *Analisis Perubahan Kurs Rupiah Terhadap Dollar Amerika*. Dalam Jurnal Ekonomi Pembangunan Vol. 9 No. 2. Hal 156-157. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ulfa, S. A. 2011. *Pengaruh Jumlah Uang Beredar (JUB), Suku Bunga Sertifikat Bank Indonesia (SBI), Impor, Ekspor Terhadap Kurs Rupiah/Dollar Amerika Serikat Periode Januari 2006 Sampai Maret 2010*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Wand & Jones. 1995. *Kernel Smoothing*. New York: Springer-Science.
- Wicaksono, W. 2014. *Pemodelan Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) Pada Faktor-Faktor Resiko Angka Kesakitan Diare*. Semarang: Universitas Diponegoro.

LAMPIRAN

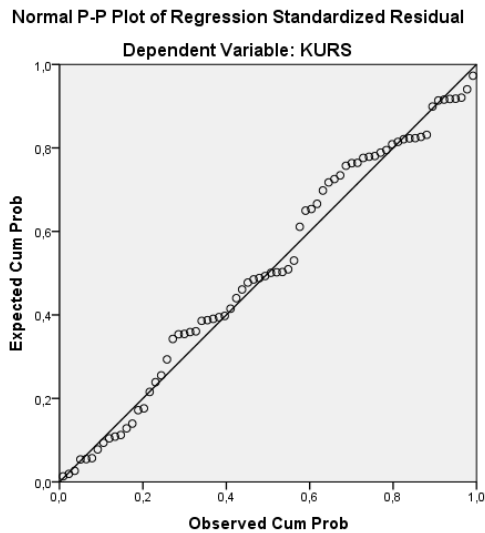
Lampiran 1. Data Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap US Dollar

Waktu	KURS	SK_BUNGA	INFLASI	CAD_DEVISA	EKSPOR	IMPOR
Jan-12	9109.14	6.00	3.65	111,991	15,568.10	14,554.60
Feb-12	9025.76	5.75	3.56	112,220	15,695.40	14,866.80
Mar-12	9165.33	5.75	3.97	110,493	17,251.50	16,325.70
Apr-12	9175.5	5.75	4.5	116,413	16,173.20	16,937.90
Mei-12	9290.24	5.75	4.45	111,528	16,829.50	17,036.70
Jun-12	9451.14	5.75	4.53	106,502	15,441.50	16,727.50
Jul-12	9456.59	5.75	4.56	106,559	16,085.10	16,354.50
Agu-12	9499.84	5.75	4.58	108,990	14,047.00	13,813.90
Sep-12	9566.35	5.75	4.31	110,172	15,898.10	15,348.50
Okt-12	9597.14	5.75	4.61	110,297	15,320.00	17,206.50
Nov-12	9627.95	5.75	4.32	111,285	16,316.90	16,935.00
Des-12	9645.89	5.75	4.3	112,781	15,393.90	15,582.00
Jan-13	9687.33	5.75	4.57	108,780	15,375.50	15,450.20
Feb-13	9686.65	5.75	5.31	105,183	15,015.60	15,313.30
Mar-13	9709.42	5.75	5.9	104,800	15,024.60	14,887.10
Apr-13	9724.05	5.75	5.57	107,269	14,760.90	16,463.50
Mei-13	9760.91	5.75	5.47	105,149	16,133.40	16,660.60
Jun-13	9881.53	6.00	5.9	98,095	14,758.80	15,636.00
Jul-13	10073.4	6.50	8.61	92,671	15,087.90	17,417.00
Agu-13	10572.5	7.00	8.79	92,997	13,083.70	13,012.00
Sep-13	11346.2	7.25	8.4	95,675	14,706.80	15,509.80
Okt-13	11366.9	7.25	8.32	96,996	15,698.30	15,674.00
Nov-13	11613.1	7.50	8.37	96,960	15,938.60	15,149.30
Des-13	12087.1	7.50	8.38	99,387	16,967.80	15,455.90
Jan-14	12179.65	7.50	8.22	100,651	14,472.30	14,916.20
Feb-14	11935.1	7.50	7.75	102,741	14,634.10	13,790.70
Mar-14	11427.05	7.50	7.32	102,592	15,192.60	14,523.70
Apr-14	11435.75	7.50	7.25	105,563	14,292.50	16,255.00
Mei-14	11525.94	7.50	7.32	107,048	14,823.60	14,770.30
Jun-14	11892.62	7.50	6.7	107,678	15,409.50	15,697.70
Jul-14	11689.06	7.50	4.53	110,542	14,124.10	14,081.70
Agu-14	11706.67	7.50	3.99	111,224	14,481.60	14,793.20
Sep-14	11890.77	7.50	4.53	111,164	15,275.80	15,546.10
Okt-14	12144.87	7.50	4.83	111,973	15,292.80	15,328.00
Nov-14	12158.3	7.75	6.23	111,144	13,544.70	14,041.60

Des-14	12438.29	7.75	8.36	111,862	14,436.30	14,434.50
Jan-15	12579.1	7.75	6.96	114,250	13,244.90	12,612.60
Feb-15	12749.84	7.50	6.29	115,527	12,172.80	11,510.10
Mar-15	13066.82	7.50	6.38	111,554	13,634.00	12,608.70
Apr-15	12947.76	7.50	6.79	110,867	13,104.60	12,626.30
Mei-15	13140.53	7.50	7.15	110,771	12,754.70	11,613.60
Jun-15	13313.24	7.50	7.26	108,030	13,514.10	12,978.10
Jul-15	13374.79	7.50	7.26	107,553	11,465.80	10,081.90
Agu-15	13781.75	7.50	7.18	105,346	12,726.00	12,399.20
Sep-15	14396.1	7.50	6.83	101,720	12,588.40	11,558.60
Okt-15	13795.86	7.50	6.25	100,712	12,121.70	11,108.90
Nov-15	13672.57	7.50	4.89	100,240	11,122.20	11,519.50
Des-15	13854.6	7.50	3.35	105,931	11,917.10	12,077.30
Jan-16	13889.05	7.25	4.14	102,134	10,581.90	10,467.00
Feb-16	13515.7	7.00	4.42	104,544	11,316.70	10,175.60
Mar-16	13193.14	6.75	4.45	107,543	11,812.10	11,301.70
Apr-16	13179.86	6.75	3.6	107,711	11,689.70	10,813.60
Mei-16	13419.65	6.75	3.33	103,591	11,517.40	11,140.70
Jun-16	13355.05	6.50	3.45	109,789	13,206.10	12,095.20
Jul-16	13118.82	6.50	3.21	111,409	9,649.50	9,017.20
Agu-16	13165	5.25	2.79	113,538	12,753.90	12,385.20
Sep-16	13118.24	5.00	3.07	115,671	12,579.80	11,297.50
Okt-16	13017.24	4.75	3.31	115,037	12,743.70	11,507.20
Nov-16	13310.5	4.75	3.58	111,466	13,502.90	12,669.40
Des-16	13417.67	4.75	3.02	116,362	13,832.40	12,782.50
Jan-17	13358.71	4.75	3.49	116,890	13,401.70	11,968.40
Feb-17	13340.84	4.75	3.83	119,863	12,613.50	11,354.00
Mar-17	13345.5	4.75	3.61	121,806	14,678.80	13,283.40
Apr-17	13306.39	4.75	4.17	123,249	13,279.20	11,945.20
Mei-17	13323.35	4.75	4.33	124,953	14,345.40	13,767.10
Jun-17	13298.25	4.75	4.37	123,094	11,655.90	9,991.80
Jul-17	13342.1	4.75	3.88	127,759	13,611.20	13,885.60
Agu-17	13341.82	4.50	3.82	128,787	15,229.40	13,509.50
Sep-17	13303.47	4.25	3.72	129,402	14,559.80	12,780.80
Okt-17	13526	4.25	3.58	126,547	15,242.20	14,240.90
Nov-17	13527.36	4.25	3.3	125,967	15,320.20	15,104.90
Des-17	13556.21	4.25	3.61	130,196	14,873.30	15,093.40

Lampiran 2. Output Pengolahan Data Menggunakan SPSS (Metode MARS)

1. Uji Normalitas



One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		72
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000
	Std. Deviation	909,54882467
Most Extreme Differences	Absolute	,086
	Positive	,050
	Negative	-,086
Test Statistic		,086
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.

2. Uji Heterokedastisitas

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	1370,887	1745,031		,786	,435		
	SK_BUNGA	-46,913	91,021	-,103	-,515	,608	,366	2,736
	INFLASI	-12,975	56,022	-,043	-,232	,818	,429	2,330
	CAD_DEVISA	-,005	,011	-,083	-,448	,656	,430	2,326
	EKSPOR	,098	,106	,307	,930	,356	,136	7,367
	IMPOR	-,079	,082	-,315	-,967	,337	,139	7,197

a. Dependent Variable: ABS_RES1

3. Uji Autokorelasi

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,833 ^a	,693	,670	943,37252	1,090

a. Predictors: (Constant), IMPOR, SK_BUNGA, CAD_DEVISA, INFLASI, EKSPOR

b. Dependent Variable: KURS

4. Uji Multikolinearitas

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	8821,222	3057,705		2,885	,005		
	SK_BUNGA	175,874	159,490	,124	1,103	,274	,366	2,736
	INFLASI	229,360	98,164	,243	2,336	,023	,429	2,330
	CAD_DEVISA	,088	,020	,462	4,448	,000	,430	2,326
	EKSPOR	-,196	,185	-,196	-1,062	,292	,136	7,367
	IMPOR	-,446	,144	-,568	-3,108	,003	,139	7,197

a. Dependent Variable: KURS

Lampiran 3. Tabel Durbin-Watson dengan $\alpha = 0,05$

Tabel Durbin-Watson (DW), $\alpha = 5\%$

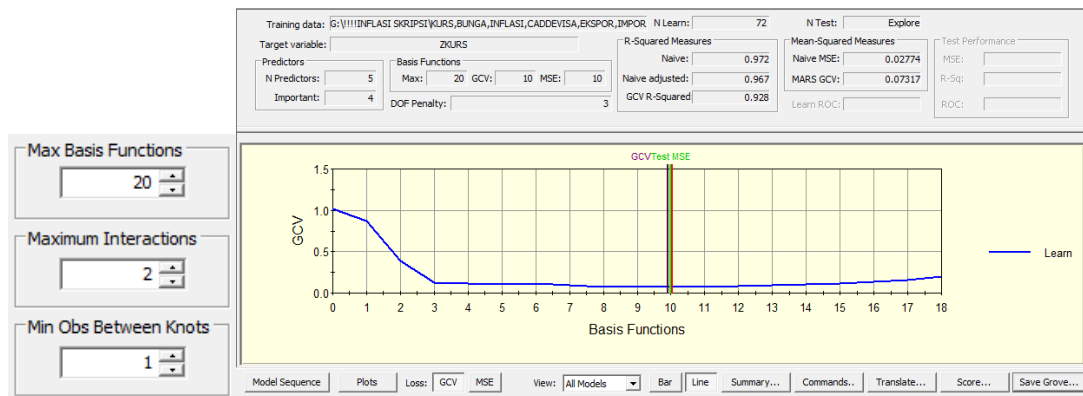
n	k=1		k=2		k=3		k=4		k=5	
	dL	dU	dL	dU	dL	dU	dL	dU	dL	dU
71	1.5865	1.6435	1.5577	1.6733	1.5284	1.7041	1.4987	1.7358	1.4685	1.7685
72	1.5895	1.6457	1.5611	1.6751	1.5323	1.7054	1.5029	1.7366	1.4732	1.7688
73	1.5924	1.6479	1.5645	1.6768	1.5360	1.7067	1.5071	1.7375	1.4778	1.7691
74	1.5953	1.6500	1.5677	1.6785	1.5397	1.7079	1.5112	1.7383	1.4822	1.7694
75	1.5981	1.6521	1.5709	1.6802	1.5432	1.7092	1.5151	1.7390	1.4866	1.7698
76	1.6009	1.6541	1.5740	1.6819	1.5467	1.7104	1.5190	1.7399	1.4909	1.7701
77	1.6036	1.6561	1.5771	1.6835	1.5502	1.7117	1.5228	1.7407	1.4950	1.7704
78	1.6063	1.6581	1.5801	1.6851	1.5535	1.7129	1.5265	1.7415	1.4991	1.7708
79	1.6089	1.6601	1.5830	1.6867	1.5568	1.7141	1.5302	1.7423	1.5031	1.7712
80	1.6114	1.6620	1.5859	1.6882	1.5600	1.7153	1.5337	1.7430	1.5070	1.7716
81	1.6139	1.6639	1.5888	1.6898	1.5632	1.7164	1.5372	1.7438	1.5109	1.7720
82	1.6164	1.6657	1.5915	1.6913	1.5663	1.7176	1.5406	1.7446	1.5146	1.7724
83	1.6188	1.6675	1.5942	1.6928	1.5693	1.7187	1.5440	1.7454	1.5183	1.7728
84	1.6212	1.6693	1.5969	1.6942	1.5723	1.7199	1.5472	1.7462	1.5219	1.7732
85	1.6235	1.6711	1.5995	1.6957	1.5752	1.7210	1.5505	1.7470	1.5254	1.7736
86	1.6258	1.6728	1.6021	1.6971	1.5780	1.7221	1.5536	1.7478	1.5289	1.7740
87	1.6280	1.6745	1.6046	1.6985	1.5808	1.7232	1.5567	1.7485	1.5322	1.7745
88	1.6302	1.6762	1.6071	1.6999	1.5836	1.7243	1.5597	1.7493	1.5356	1.7749
89	1.6324	1.6778	1.6095	1.7013	1.5863	1.7254	1.5627	1.7501	1.5388	1.7754
90	1.6345	1.6794	1.6119	1.7026	1.5889	1.7264	1.5656	1.7508	1.5420	1.7758
91	1.6366	1.6810	1.6143	1.7040	1.5915	1.7275	1.5685	1.7516	1.5452	1.7763
92	1.6387	1.6826	1.6166	1.7053	1.5941	1.7285	1.5713	1.7523	1.5482	1.7767
93	1.6407	1.6841	1.6188	1.7066	1.5966	1.7295	1.5741	1.7531	1.5513	1.7772
94	1.6427	1.6857	1.6211	1.7078	1.5991	1.7306	1.5768	1.7538	1.5542	1.7776

Lampiran 4. Data Penelitian setelah Standarisasi

ZKURS	ZSK_BUNGA	ZINFLASI	ZCAD_DEVISA	ZEKSPOR	ZIMPOR
-1,73839	-0,26914	-0,90807	0,20398	0,91290	0,37286
-1,78914	-0,48445	-0,95976	0,23064	0,99038	0,52210
-1,70419	-0,48445	-0,72427	0,02961	1,93753	1,21947
-1,69800	-0,48445	-0,41985	0,71872	1,28121	1,51211
-1,62815	-0,48445	-0,44857	0,15008	1,68067	1,55933
-1,53022	-0,48445	-0,40262	-0,43496	0,83584	1,41153
-1,52690	-0,48445	-0,38539	-0,42833	1,22758	1,23323
-1,50057	-0,48445	-0,37390	-0,14535	-0,01294	0,01880
-1,46009	-0,48445	-0,52898	-0,00776	1,11376	0,75235
-1,44135	-0,48445	-0,35667	0,00679	0,76189	1,64050
-1,42259	-0,48445	-0,52324	0,12180	1,36867	1,51072
-1,41167	-0,48445	-0,53473	0,29594	0,80687	0,86397
-1,38645	-0,48445	-0,37964	-0,16980	0,79567	0,80097
-1,38686	-0,48445	0,04539	-0,58850	0,57661	0,73553
-1,37300	-0,48445	0,38427	-0,63308	0,58209	0,53180
-1,36410	-0,48445	0,19473	-0,34568	0,42158	1,28534
-1,34166	-0,48445	0,13729	-0,59246	1,25698	1,37955
-1,26824	-0,26914	0,38427	-1,41358	0,42031	0,88978
-1,15145	0,16148	1,94082	-2,04495	0,62062	1,74112
-0,84766	0,59211	2,04421	-2,00701	-0,59927	-0,36452
-0,37672	0,80742	1,82020	-1,69527	0,38866	0,82946
-0,36412	0,80742	1,77425	-1,54150	0,99215	0,90795
-0,21426	1,02274	1,80297	-1,54569	1,13841	0,65713
0,07426	1,02274	1,80872	-1,26318	1,76485	0,80369
0,13060	1,02274	1,71682	-1,11605	0,24592	0,54571
-0,01826	1,02274	1,44686	-0,87276	0,34441	0,00771
-0,32750	1,02274	1,19988	-0,89011	0,68435	0,35809
-0,32221	1,02274	1,15968	-0,54427	0,13649	1,18567
-0,26731	1,02274	1,19988	-0,37141	0,45975	0,47597
-0,04412	1,02274	0,84377	-0,29807	0,81637	0,91928
-0,16802	1,02274	-0,40262	0,03531	0,03399	0,14681
-0,15730	1,02274	-0,71278	0,11470	0,25158	0,48691
-0,04524	1,02274	-0,40262	0,10771	0,73499	0,84681
0,10943	1,02274	-0,23031	0,20188	0,74533	0,74255
0,11760	1,23805	0,57381	0,10538	-0,31868	0,12764

0,28803	1,23805	1,79723	0,18896	0,22401	0,31545
0,37374	1,23805	0,99311	0,46694	-0,50115	-0,55544
0,47766	1,02274	0,60828	0,61559	-1,15371	-1,08245
0,67061	1,02274	0,65997	0,15311	-0,26432	-0,55730
0,59814	1,02274	0,89546	0,07314	-0,58655	-0,54889
0,71547	1,02274	1,10224	0,06197	-0,79952	-1,03297
0,82060	1,02274	1,16542	-0,25710	-0,33730	-0,38073
0,85806	1,02274	1,16542	-0,31262	-1,58403	-1,76514
1,10578	1,02274	1,11947	-0,56953	-0,81699	-0,65745
1,47972	1,02274	0,91844	-0,99161	-0,90074	-1,05926
1,11437	1,02274	0,58530	-1,10895	-1,18481	-1,27423
1,03932	1,02274	-0,19585	-1,16389	-1,79317	-1,07795
1,15012	1,02274	-1,08038	-0,50143	-1,30934	-0,81132
1,17109	0,80742	-0,62663	-0,94342	-2,12203	-1,58106
0,94384	0,59211	-0,46580	-0,66288	-1,67479	-1,72035
0,74750	0,37680	-0,44857	-0,31379	-1,37325	-1,18207
0,73941	0,37680	-0,93679	-0,29423	-1,44775	-1,41538
0,88537	0,37680	-1,09187	-0,77382	-1,55263	-1,25903
0,84605	0,16148	-1,02294	-0,05234	-0,52477	-0,80276
0,70226	0,16148	-1,16079	0,13623	-2,68956	-2,27408
0,73037	-0,91508	-1,40203	0,38406	-0,80001	-0,66414
0,70191	-1,13039	-1,24120	0,63235	-0,90598	-1,18407
0,64043	-1,34571	-1,10335	0,55855	-0,80622	-1,08383
0,81893	-1,34571	-0,94827	0,14287	-0,34412	-0,52829
0,88417	-1,34571	-1,26992	0,71278	-0,14356	-0,47423
0,84828	-1,34571	-0,99997	0,77424	-0,40572	-0,86337
0,83740	-1,34571	-0,80468	1,12031	-0,88547	-1,15707
0,84024	-1,34571	-0,93104	1,34649	0,37161	-0,23479
0,81643	-1,34571	-0,60939	1,51446	-0,48028	-0,87446
0,82675	-1,34571	-0,51749	1,71281	0,16868	-0,00357
0,81148	-1,34571	-0,49452	1,49642	-1,46833	-1,80821
0,83817	-1,34571	-0,77596	2,03944	-0,27820	0,05307
0,83800	-1,56102	-0,81042	2,15911	0,70675	-0,12671
0,81465	-1,77633	-0,86786	2,23070	0,29918	-0,47504
0,95010	-1,77633	-0,94827	1,89836	0,71454	0,22291
0,95093	-1,77633	-1,10910	1,83085	0,76201	0,63591
0,96849	-1,77633	-0,93104	2,32312	0,49000	0,63041

Lampiran 5. Output Model MARS terbaik



=====
MARS Results
=====

=====
Forward Stepwise Knot Placement
=====

BasFn(s)	GCV	IndBsFns	EfPrms	Variable	Knot	Parent	BsF
0	1.01408	0.0	1.0				
2 1	0.38847	2.0	6.0	ZSK_BUNGA	-0.48445		
4 3	0.13749	4.0	11.0	ZIMPOR	0.37286		
6 5	0.11065	6.0	16.0	ZCAD_DEVISA	-0.99161	ZIMPOR	4
8 7	0.11158	8.0	21.0	ZINFLASI	-1.10335	ZSK_BUNGA	2
10 9	0.12508	10.0	26.0	ZINFLASI	-0.90807		
12 11	0.10971	11.0	30.0	ZIMPOR	-0.80276		
14 13	0.11635	13.0	35.0	ZSK_BUNGA	-0.26914	ZIMPOR	11
16 15	0.13290	14.0	39.0	ZSK_BUNGA	-1.34571	ZIMPOR	11
18 17	0.15007	16.0	44.0	ZIMPOR	0.80369	ZSK_BUNGA	1
20 19	0.20157	18.0	49.0	ZEKSPOR	0.42031	ZIMPOR	11

=====
Final Model (After Backward Stepwise Elimination)
=====

Basis Fun	Coefficient	Variable	Knot	Parent
0	-0.38782			
1	1.55461	ZSK_BUNGA	-0.48445	
2	0.89569	ZSK_BUNGA	-0.48445	
3	1.04045	ZIMPOR	0.37286	
4	0.89760	ZIMPOR	0.37286	
5	-0.34896	ZCAD_DEVISA	-0.99161	ZIMPOR
6	-1.66159	ZCAD_DEVISA	-0.99161	ZIMPOR
7	0.90290	ZINFLASI	-1.10335	ZSK_BUNGA
13	0.92521	ZSK_BUNGA	-0.26914	ZIMPOR
15	-1.13864	ZSK_BUNGA	-1.34571	ZIMPOR
18	-0.68081	ZIMPOR	0.80369	ZSK_BUNGA

Piecewise Linear GCV = 0.07317, #efprms = 27.66666

```
=====
ANOVA Decomposition on 10 Basis Functions
=====
```

fun	std. dev.	-gcv	#bsfns	#efprms	variable
1	0.95757	0.10887	2	5.33333	ZSK_BUNGA
2	0.53901	0.17946	2	5.33333	ZIMPOR
3	0.38160	0.12261	2	5.33333	ZCAD_DEVISA
4	0.10770	0.07496	1	2.66667	ZSK_BUNGA ZINFLASI
5	0.93914	0.12336	3	8.00000	ZSK_BUNGA ZIMPOR

```
=====
Variable Importance
=====
```

Variable	Importance	-gcv
ZSK_BUNGA	100.00000	0.51316
ZIMPOR	89.48838	0.42552
ZCAD_DEVISA	33.52044	0.12261
ZINFLASI	6.36421	0.07496
ZEKSPOR	0.00000	0.07317

```
=====
MARS Regression: Training Data
=====
```

W: 72.00 R-SQUARED: 0.97187
 MEAN DEP VAR: 0.00000 ADJ R-SQUARED: 0.96725
 UNCENTERED R-SQUARED = R-0 SQUARED: 0.97187

Parameter	Estimate	S.E.	T-Ratio	P-Value
Constant	-0.38781	0.17938	-2.16196	0.03455
Basis Function 1	1.55462	0.23731	6.55112	0.00000
Basis Function 2	0.89568	0.16800	5.33129	0.00000
Basis Function 3	1.04047	0.17392	5.98261	0.00000
Basis Function 4	0.89760	0.13008	6.90027	0.00000
Basis Function 5	-0.34896	0.05550	-6.28778	0.00000
Basis Function 6	-1.66159	0.24278	-6.84404	0.00000
Basis Function 7	0.90291	0.29722	3.03788	0.00350
Basis Function 13	0.92522	0.29369	3.15028	0.00253
Basis Function 15	-1.13865	0.16473	-6.91235	0.00000
Basis Function 18	-0.68082	0.13692	-4.97237	0.00001

F-STATISTIC = 210.72141 S.E. OF REGRESSION = 0.18096
 P-VALUE = 0.00000 RESIDUAL SUM OF SQUARES = 1.99750
 [MDF,NDF] = [10, 61] REGRESSION SUM OF SQUARES = 69.00250

```
=====
Basis Functions
=====
```

```
BF1 = max( 0, ZSK_BUNGA + 0.484455);
BF2 = max( 0, -0.484455 - ZSK_BUNGA);
BF3 = max( 0, ZIMPOR - 0.37286);
BF4 = max( 0, 0.37286 - ZIMPOR);
BF5 = max( 0, ZCAD_DEVISA + 0.99161) * BF4;
BF6 = max( 0, -0.99161 - ZCAD_DEVISA) * BF4;
BF7 = max( 0, ZINFLASI + 1.10335) * BF2;
BF11 = max( 0, ZIMPOR + 0.802763);
BF13 = max( 0, ZSK_BUNGA + 0.269142) * BF11;
BF15 = max( 0, ZSK_BUNGA + 1.34571) * BF11;
BF18 = max( 0, 0.803692 - ZIMPOR) * BF1;

Y = -0.38782 + 1.55461 * BF1 + 0.89569 * BF2 + 1.04045 * BF3
      + 0.897598 * BF4 - 0.348961 * BF5 - 1.66159 * BF6
      + 0.902904 * BF7 + 0.925205 * BF13 - 1.13864 * BF15
      - 0.680814 * BF18;

MODEL ZKURS = BF1 BF2 BF3 BF4 BF5 BF6 BF7 BF13 BF15 BF18;
```

Lampiran 6. Script Program estimasi dengan software R 3.1.1

```

library(KernSmooth)
library(kedd)
Dataset=read.delim("clipboard")
Dataset
View(Dataset)
x1=Dataset$WAKTU
x1
y1=Dataset$KURS
y1
n1=length(x1)

#Pemilihan Bandwidth
h.amise(x1,deriv.order=0,kernel="gaussian")
h.ucv(x1,deriv.order=0,kernel="gaussian")
h.bcv(x1,whichbcv=1,deriv.order=0,kernel="gaussian")
h.ccv(x1,deriv.order=0,kernel="gaussian")

#Nadaraya-Watson
estimasi_kern1=ksmooth(x1,y1,kernel="normal",bandwidth=20.2914,n.p
oints=n1)
estimasi_kern1
est1=data.frame(estimasi_kern1$x,estimasi_kern1$y)
est1
errork1=(estimasi_kern1$y-y1)^2
errork1
MSEK1=sum(errork1)/n1
MSEK1

estimasi_kern2=ksmooth(x1,y1,kernel="normal",bandwidth=11.0475,n.p
oints=n1)
estimasi_kern2
est2=data.frame(estimasi_kern2$x,estimasi_kern2$y)
est2
errork2=(estimasi_kern2$y-y1)^2
errork2
MSEK2=sum(errork2)/n1
MSEK2

estimasi_kern3=ksmooth(x1,y1,kernel="normal",bandwidth=13.91369,n.
points=n1)
estimasi_kern3
est3=data.frame(estimasi_kern3$x,estimasi_kern3$y)
est3
errork3=(estimasi_kern3$y-y1)^2
errork3
MSEK3=sum(errork3)/n1
MSEK3

```

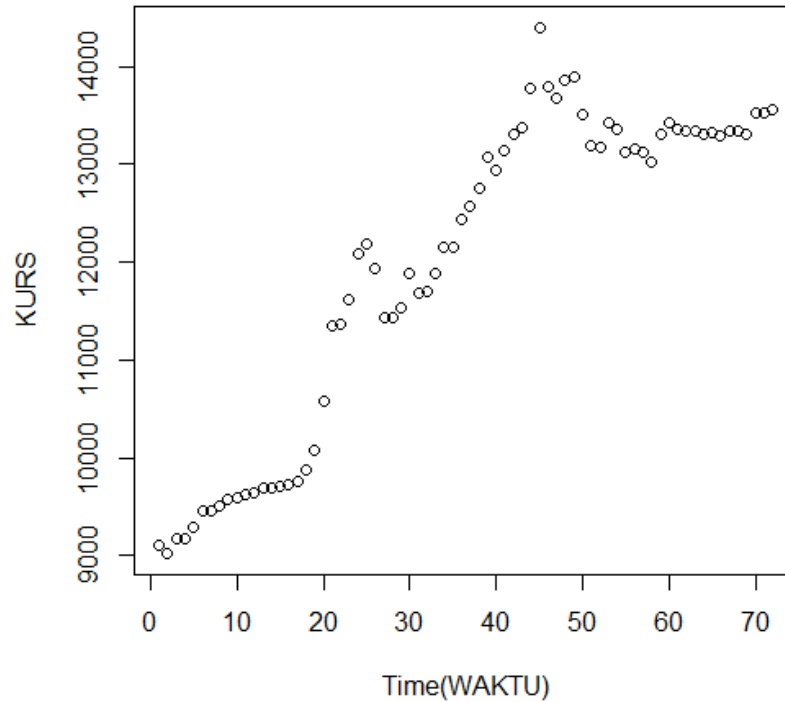


```
estimasi_kern4=ksmooth(x1,y1,kernel="normal",bandwidth=4.448778,n.
points=n1)
estimasi_kern4
est4=data.frame(estimasi_kern4$x,estimasi_kern4$y)
est4
errork4=(estimasi_kern4$y-y1)^2
errork4
MSEK4=sum(errork4)/n1
MSEK4

#PLOT
plot(x1,y1,xlab="Time (WAKTU)",ylab="KURS")
lines(ksmooth(x1,y1,"normal",bandwidth=20.2914),col="blue",cex=1.2
5,lwd=2)
lines(ksmooth(x1,y1,"normal",bandwidth=11.0475),col="red",cex=1.25
,lwd=2)
lines(ksmooth(x1,y1,"normal",bandwidth=13.91369),col="green",cex=1
.25,lwd=2)
lines(ksmooth(x1,y1,"normal",bandwidth=4.448778),col="yellow",cex=
1.25,lwd=2)
```

Lampiran 7. Output Pengolahan Data Menggunakan SPSS dan R (Estimator Nadaraya-Watson)

1. Uji Linearitas dan Uji Normalitas



One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		KURS
N		72
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	11965,0960
	Std. Deviation	1642,87561
Most Extreme Differences	Absolute	,197
	Positive	,148
	Negative	-,197
Test Statistic		,197
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000 ^c

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

2. Nilai Bandwidth dan RMSE

a. Bandwidth “Rule of Thumb”

```
> #Pemilihan Bandwidth
> h.amise(x1,deriv.order=0,kernel="gaussian")
```

```
Call:      Aymptotic Mean Integrated Squared Error
```

```
Derivative order = 0
Data: x1 (72 obs.);      Kernel: gaussian
AMISE = 0.0003564018;    Bandwidth 'h' = 20.2914

> MSEK1=sum(errork1)/n1
> MSEK1
[1] 120121.2
> RMSEK1=sqrt(MSEK1)
> RMSEK1
[1] 346.5851
```

b. Unbiased Cross Validation

```
> h.ucv(x1,deriv.order=0,kernel="gaussian")
```

```
Call:      Unbiased Cross-Validation
```

```
Derivative order = 0
Data: x1 (72 obs.);      Kernel: gaussian
Min UCV = -0.01206372;   Bandwidth 'h' = 11.0475

> MSEK2=sum(errork2)/n1
> MSEK2
[1] 57523.07
> RMSEK2=sqrt(MSEK2)
> RMSEK2
[1] 239.8397
```

c. Biased Cross Validation

```
> h.bcv(x1,whichbcv=1,deriv.order=0,kernel="gaussian")
```

```
Call:      Biased Cross-Validation 1
```

```
Derivative order = 0
Data: x1 (72 obs.);      Kernel: gaussian
Min BCV = 0.0004230612;  Bandwidth 'h' = 13.91369

> MSEK3=sum(errork3)/n1
> MSEK3
[1] 77449.2
> RMSEK3=sqrt(MSEK3)
> RMSEK3
[1] 278.297
```

d. Complete Cross Validation

```
> h.ccv(x1,deriv.order=0,kernel="gaussian")
```

```
Call:      Complete Cross-Validation
```

```
Derivative order = 0
```

```
Data: x1 (72 obs.);      Kernel: gaussian
```

```
Min CCV = 0.0002935595; Bandwidth 'h' = 4.448778
```

```
> MSEK4=sum(errork4)/n1
```

```
> MSEK4
```

```
[1] 17183.09
```

```
> RMSEK4=sqrt(MSEK4)
```

```
> RMSEK4
```

```
[1] 131.0843
```

Lampiran 8. Hasil Estimasi Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap US Dollar

Waktu	Rule Of Thumb	Waktu	Unbiased Cross Validation	Waktu	<i>Biassed Cross Validation</i>	Waktu	CCV
1	9392,255	1	9228,18	1	9279,279	1	9102,788
2	9417,277	2	9254,774	2	9303,51	2	9124,394
3	9445,02	3	9285,068	3	9330,191	3	9165,112
4	9475,887	4	9318,957	4	9359,432	4	9227,107
5	9510,323	5	9356,1	5	9391,338	5	9303,908
6	9548,835	6	9395,893	6	9426,069	6	9381,716
7	9591,962	7	9437,633	7	9463,909	7	9448,983
8	9640,27	8	9480,703	8	9505,368	8	9503,664
9	9694,33	9	9524,855	9	9551,238	9	9549,203
10	9754,671	10	9570,571	10	9602,68	10	9587,895
11	9821,767	11	9619,364	11	9661,204	11	9620,482
12	9895,975	12	9673,952	12	9728,647	12	9647,92
13	9977,492	13	9738,144	13	9806,979	13	9671,516
14	10066,324	14	9816,46	14	9898,032	14	9693,921
15	10162,248	15	9913,385	15	10003,139	15	9722,129
16	10264,768	16	10032,453	16	10122,795	16	9770,945
17	10373,164	17	10175,195	17	10256,331	17	9865,61
18	10486,498	18	10340,297	18	10401,765	18	10038,349
19	10603,654	19	10523,087	19	10555,843	19	10309,78
20	10723,407	20	10715,887	20	10714,275	20	10660,832
21	10844,515	21	10908,939	21	10872,234	21	11031,895
22	10965,808	22	11091,975	22	11024,975	22	11365,482
23	11086,259	23	11256,053	23	11168,335	23	11633,174
24	11205,052	24	11395,174	24	11299,45	24	11809,707
25	11321,631	25	11507,34	25	11417,061	25	11862,42
26	11435,729	26	11594,707	26	11521,559	26	11797,63
27	11547,342	27	11662,892	27	11614,932	27	11688,23
28	11656,702	28	11719,677	28	11700,354	28	11622,656
29	11764,222	29	11773,437	29	11781,655	29	11632,431
30	11870,401	30	11831,687	30	11862,761	30	11687,024
31	11975,745	31	11900,176	31	11947,214	31	11752,939
32	12080,72	32	11982,416	32	12037,779	32	11832,819
33	12185,562	33	12079,706	33	12136,211	33	11943,238
34	12290,337	34	12191,496	34	12243,163	34	12083,906
35	12394,864	35	12315,919	35	12358,249	35	12243,199
36	12498,69	36	12450,318	36	12480,178	36	12413,276

37	12601,11	37	12591,645	37	12606,91	37	12587,866
38	12701,199	38	12736,686	38	12735,83	38	12755,713
39	12797,866	39	12882,129	39	12863,93	39	12905,248
40	12889,933	40	13024,428	40	12987,945	40	13038,426
41	12976,202	41	13159,677	41	13104,519	41	13175,29
42	13055,549	42	13283,576	42	13210,41	42	13339,429
43	13126,987	43	13391,615	43	13302,71	43	13534,735
44	13189,761	44	13479,499	44	13379,025	44	13724,502
45	13243,378	45	13543,793	45	13437,741	45	13845,176
46	13287,649	46	13582,631	46	13478,209	46	13868,616
47	13322,699	47	13596,176	47	13500,83	47	13828,576
48	13348,961	48	13586,771	48	13507,053	48	13761,129
49	13367,139	49	13558,63	49	13499,231	49	13662,565
50	13378,168	50	13517,253	50	13480,441	50	13531,769
51	13383,146	51	13468,64	51	13454,136	51	13407,363
52	13383,269	52	13418,524	52	13423,845	52	13329,648
53	13379,772	53	13371,75	53	13392,808	53	13292,163
54	13373,832	54	13331,95	54	13363,763	54	13258,828
55	13366,529	55	13301,354	55	13338,758	55	13214,03
56	13358,808	56	13280,851	56	13319,091	56	13173,82
57	13351,437	57	13270,13	57	13305,304	57	13162,18
58	13344,996	58	13267,919	58	13297,318	58	13191,027
59	13339,871	59	13272,322	59	13294,566	59	13249,149
60	13336,289	60	13281,187	60	13296,179	60	13306,043
61	13334,329	61	13292,494	61	13301,181	61	13337,43
62	13333,964	62	13304,683	62	13308,604	62	13342,809
63	13335,071	63	13316,854	63	13317,626	63	13335,418
64	13337,477	64	13328,682	64	13327,61	64	13326,651
65	13340,98	65	13340,308	65	13338,1	65	13322,271
66	13345,377	66	13352,087	66	13348,807	66	13324,83
67	13350,462	67	13364,343	67	13359,594	67	13336,345
68	13356,056	68	13377,213	68	13370,342	68	13360,529
69	13362,001	69	13390,62	69	13380,981	69	13399,64
70	13368,16	70	13404,329	70	13391,468	70	13446,754
71	13374,435	71	13418,035	71	13401,763	71	13488,452
72	13380,732	72	13431,419	72	13411,809	72	13517,017

