PEMODELAN *MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE* (MARS) PADA KURS RUPIAH TERHADAP USD

(Skripsi)

Oleh

DESWITA DEWI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

ABSTRACT

MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE (MARS) MODELING ON RUPIAH EXCHANGE RATE AGAINST USD

By

DESWITA DEWI

The exchange rate is an estimate of a country's currency against another country's currency. The exchange rate is one of the benchmarks to measure the state of the country's economy. If there is instability in the exchange rate, it will greatly affect international trade, so it is important for the monetary authority to study the exchange rate of the Rupiah against the USD in order to stabilize the exchange rate. In this study using nonparametric methods precisely Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS). The data used in this study are factors that influence the exchange rate of Rupiah against USD in 2019-2022. The purpose of this study is to analyze the MARS model and the most important level of predictor variables that influence the Rupiah exchange rate against the USD. The results of this study are the most important predictor variables that affect the Rupiah exchange rate against the USD which are generated significantly from the highest to the lowest level, namely the Inflation variable (X_2) with a value of 100%, Foreign Exchange Reserves (X_5) 75.81%, Exports (X_3) 73.35%, and Interest Rates (X_1) 69.33%. The best model shape is obtained from the combination of BF = 20, MI = 2, and MO = 1 because it has the smallest GCV of 0.39312.

Keywords: Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS), exchange rate, Generalized Cross Validation (GCV).

ABSTRAK

PEMODELAN *MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE* (MARS) PADA KURS RUPIAH TERHADAP USD

Oleh

DESWITA DEWI

Harga tukar atau biasa dikenal kurs merupakan taksiran mata uang suatu negara terhadap mata uang negara lain. Harga tukar menjadi salah satu tolak ukur untuk mengukur keadaan perekonomian negara. Jika terjadinya ketidakstabilan kurs akan sangat berpengaruh terhadap perdagangan internasional, maka otoritas moneter penting mengkaji terkait harga tukar mata uang Rupiah terhadap USD agar dapat menstabilkan kurs. Pada penelitian ini menggunakan metode nonparametrik tepatnya *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS). Data yang digunakan Penelitian ini yaitu faktor faktor yang pengaruhi kurs Rupiah terhadap USD pada tahun 2019-2022. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis model MARS dan tingkat terpenting variabel prediktor yang pengaruhi kurs Rupiah terhadap USD. Hasil dari penelitian ini adalah variabel prediktor terpenting yang berpengaruh pada kurs Rupiah terhadap USD yang dihasilkan secara signifikan dari tingkat tertinggi sampai terendah yaitu variabel Inflasi (X_2) dengan nilai 100%, Cadangan Devisa (X_5) 75,81%, Ekspor (X_3) 73,35%,dan Suku Bunga (X_1) 69,33%. bentuk model terbaik diperoleh berdasarkan kombinasi dengan nilai BF= 20, MI =2, dan MO=1 karena nilai GCV terkecil yang dimilikinya yaitu 0,39312.

Kata Kunci: *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS), Kurs, *Generalized Cross Validation* (GCV).

PEMODELAN *MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE* (MARS) PADA KURS RUPIAH TERHADAP USD

Oleh

DESWITA DEWI

(Skripsi)

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

Judul Skripsi : **PEMODELAN *MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE* (MARS) PADA KURS RUPIAH TERHADAP USD**

Nama Mahasiswa : Deswita Dewi

Nomor Pokok Mahasiswa : 1957031004

Jurusan : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.	**Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si.**
NIP 19570101 198403 1 020	NIP 19720227 199802 1 001

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP 19740316 200501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Drs. Mustofa Usman, M.A., Ph.D.** ....

Sekretaris : **Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si.** ....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Widiarti, S.Si., M.Si.** ....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Juni 2023**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: **Deswita Dewi**
Nomor Pokok Mahasiswa	: **1957031004**
Jurusan	: **Matematika**
Judul Skripsi	: **PEMODELAN *MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE* (MARS) PADA KURS RUPIAH TERHADAP USD**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Juni 2022
Penulis,

Deswita Dewi
NPM. 1957031004

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di desa Merabung 3 pada tanggal 30 Desember 2001 sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Samsudin dan Ibu Rustika Dewi.

Penulis menempuh pendidikan di Sekolah Dasar (SD) 2 Tiuh Memon pada tahun2007-2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP) 1 Pagelaran pada tahun 2013-2016 dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 Pagelaran pada tahun 2016-2019.

Pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswi Program Studi S1 Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswi penulis memiliki pengalaman organisasi diantaranya yaitu menjadi Anggota Biro Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) tahun 2020, danAnggota Bidang Kemuslimahan Rohani Islam (ROIS) FMIPA Universitas Lampung tahun 2019. Pada tahun 2022 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung. Pada tahun yang sama, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Suka Negeri Jaya, Kabupaten Tanggamus, sebagai bentuk pengabdian kepada Masyarakat.

KATA INSPIRASI

Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)

(Qs. Al-insyirah: 6-7).

Pada akhirnya takdir Allah selalu baik walaupun terkadang perlu air mata untuk menerimanya

Make up your mind. No matter how difficult, do your best. Because Allah *knowseverything.*

Apa yang menjadi milikmu akan kamu temukan dengan sendirinya

Apa yang dicari? Jika hidup hanya untuk perbandingan

No one can stop me except Allah

Apapun yang terjadi, jangan pernah berhenti berbuat baik. Karena kita tidak pernah tau kebaikan mana yang akan membawa kita ke surga-Nya

Deswita Dewi

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, ku persembahkankarya syarat perjuangan kelulusan ku ini kepada

Ayahanda Samsudin dan Ibunda Rustika Dewi

Terima kasih telah memberikan kasih sayang yang tulus, tetes keringat pengorbanan, semangan dan motivasi yang tiada henti, do’a yang tak pernah terputus, dan sabar yang tak pernah habis untuk menanti keberhasilanku. Atasdo’a dan ridhonya, Allah beri kemudahan dalam menjalakan kehidupan ini.

Kakak, Adik, Kakek, Nenek dan Keluarga

Yang telah memberi semangat, bantuan serta doa yan tulus untuk selalu berusaha dan berikhtiar kepada Allah SWT.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Yang senantiasa membimbing, mengarahkan dan memberi motivasi sejak awalhingga terselesaikannya skripsi ini.

Almamater tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Penulis mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat ridho dankarunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pemodelan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) Pada Kurs Rupiah Terhadap USD". Selesainya penulisan skripsi ini adalah berkat bimbingan serta motivasi dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan dan ketulusan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Mustofa Usman, M.A., Ph.D., selaku pembimbing pertama yangtelah memberikan arahan, bimbingan, saran serta motivasi kepada penulisdalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.si., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, bimbingan dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Widiarti, S.Si., M.Si., selaku pembahas yang telah memberikan kritik dansaran hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Prof. Dra.Wamiliana, M.A., Ph.D., selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis selama menuntut ilmu diUniversitas Lampung.
5. Dr. Eng. Heri Satria, S.Si. M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika danIlmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Para Dosen dan Staf Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
7. Ayah, Ibu tercinta sosok yang menjadi penyemangat untuk selalu berusaha mengapai mimpi, selalu memberikan yang terbaik untuk penulis

8. Kak Dina, Dona, Rohan, Ferdi dan Keluarga tersayang yang selalu memberi cinta, kasih sayang, semangat, motivasi dan doa yang tak terputus kepada penulis.
9. Teman-temanku (Adinda, Riri, Ale, Shela, Meli, Aulia Zahro, Qory, Feby, Putri, Debi, Hijri, Aulia Ayu, Listra) yang telah memberikan kebahagiaan dan keceriaan selama menjalani perkuliahan, yang telah membantu, memberi semangat kepada penulis.
10. Teman-teman jurusan Matematika angkatan 2019.
11. Semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam skripsi ini, akan tetapi besar harapan penulis bahwa skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 22 Juni 2022
Penulis

Deswita Dewi

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

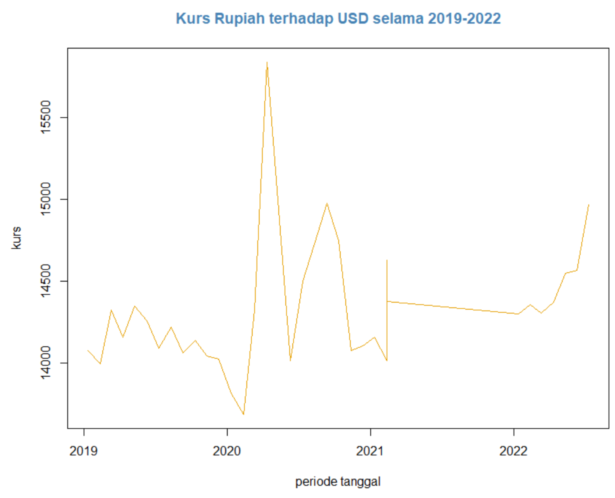
Gambar Halaman

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Harga tukar yang sering disebut kurs ialah taksiran mata uang suatu negara terhadap mata uang negara lain, biasanya diperuntukkan dalam perdagangan antar negara atau internasional. Harga tukar juga termasuk hal utama dalam ekonomi makro. Perdagangan ekspor dan impor dalam suatu negara sangat berpengaruh pada harga tukar dari negara tersebut (Levi, 1996). Alat yang digunakan salah satunya sebagai tolak ukur untuk mengukur keadaan perekonomian adalah harga tukar. Jika aktivitas moneter atau nilai tukar stabil, berarti normalnya perekonomian negara. Seimbangnya kurs juga berarti impor dan ekspornya normal di dalam suatu negara (Salvatore, 1997). Apabila impor melebihi ekspor, dapat mengakibatkan melemahnya mata uang atau depresiasi.

Jika terjadinya ketidakstabilan kurs akan sangat berpengaruh terhadap perdagangan internasional, maka disisi lain otoritas moneter penting mengkaji terkait harga tukar mata uang Rupiah terhadap USD agar dapat mengendalikan serta menstabilkan kurs. Kemudian pada tahun 2020 terjadinya covid-19 dimana tercatat, saat terjadi pandemi mulai tanggal 2 Maret sampai 16 April 2020, harga tukar Rupiah dengan USD mengalami penurunan yaitu -12,4 %. Meskipun demikian kondisi tersebut rentan lebih baik jika dibangingkan kondisi tahun 2008 yaitu krisis ekonomi, saat itu rupiah terdepresiasi sebesar 30,9% (Hastuti, dkk., 2020). Jika wabah covid-19 tidak diprediksi sebelumnya, rentannya harga tukar Rupiah di tengah melandanya covid-19 menimbulkan perdagangan global yang kurang seimbang.



Gambar 1. Kurs Rupiah terhadap USD selama 2019-2020

Melalui grafik pada gambar 1 di atas, dapat diketahui bahwasannya pada tahun 2020 terjadinya kenaikan pesat nilai tukar Rupiah terhadap USD. Menimbulkan masalah yang terkadang tidak sinkron dengan tujuan jangka panjang diantaranya kurang efisien dalam pengelolaan ekonomi dan bagi pelaku ekonomi cendrung tidak stabil (Dapaole, 2016). Dari masalah yang ada perlu adanya tindakan agar mengetahui permasalahan yang terjadi, sehingga diketahui ada beberapa faktor yang berperan dalam kurs Rupiah dengan USD.

Ada sebagian pendekatan analisis dapat dipergunakan menentukan hubungan faktor yang berpengaruh tehadap harga tukar yaitu menggunakan analisis regresi. Analisis regresi sendiri yaitu metode statistika yang memvisualkan hubungan diantara satu variabel dependen dengan variabel independen. Variabel dependen penelitian ini yaitu kurs Rupiah dengan USD dan untuk variabel independen sendiri diantaranya suku bunga, inflasi, ekspor, impor dan cadangan devisa.

Dalam penelitian ini, untuk memaparkan hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen maka menggunakan pendekatan model analisis nonparametrik. Regresi nonparametrik dalam memperkirakan kurva regresi sangat fleksibel (Eubank, 1999). Metode yang digunakan pertama kali dikenalkan oleh Friedman pada tahun 1991 yaitu *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS). MARS merupakan peningkatan dari pendekatan *Recursive Partitioning Regression* (RPR) yang dipadukan oleh metode *spline* menghasilkan kontinu pada *knot* atau dimana setiap *knot* menyambung selalu pada fungsi basis.

Selain digunakan untuk menganalisis faktor yang mempengaruhi kurs Rupiah terhadap USD, terdapat beberapa penelitian terdahulu yang menerapkan MARS. Penelitian tersebut diantaranya yaitu kasus diare pada balita di Provinsi Jawa Barat-Jawa Tengah (Utami, 2021), kabupaten tertinggal di Jawa Timur (Anggraini, 2021), klasifikasi balita stunting di Kecamatan Padang Timur (Elisa, 2022), dan seterusnya.

Rujukan peneliti menggunakan penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan oleh Raditya, berjudul "Penerapan Metode *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) dengan Estimator Nadaraya-Watson Fungsi Kernel Gaussian" (Raditya, 2018). Pada penelitian tersebut, peneliti melakukan analisis faktor pengaruh kurs Rupiah dengan USD pada tahun 2013-2017, model MARS terbaik memiliki nilai GCV yaitu 0,0731 dimana nilai tersebut diperoleh dari kombinasi BF = 20, MI = 2, dan MO =1. Pada penelitian ini juga dilakukan pengestimasian menggunakan estimator Nadaraya-Watson.

Berdasarkan pemaparan fakta yang ada, maka penerapan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) baik untuk data faktor yang pengaruhi kurs Rupiah dengan USD pada tahun 2019-2022 dengan memilih model terbaik dengan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) terkecil. Selain itu perbedaan dengan penelitan sebelumnya terletak pada pengestimasian dan juga pada tahun data yang diambil.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan latar belakang masalah penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Mengetahui model terbaik *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) pada Kurs Rupiah terhadap USD dengan kriteria *Generalized Cross Validation* (GCV).
2. Mengetahui tingkat terpenting variabel prediktor yang berpengaruh pada model terkait Kurs Rupiah terhadap USD.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk wawasan pengetahuan terkait faktor yang pengaruhi kurs Rupiah terhadap USD.
2. Untuk pengetahuan terkait ilmu statistika terkhusus metode *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) yang ada pada regresi nonparametrik.
3. Mengetahui pentingnya variabel independen terhadap pengaruh model terbaik yang dihasilkan terkait kurs Rupiah terhadap USD.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kurs Rupiah Terhadap USD

2.1.1 Pengertian Kurs

Kurs ataupun biasa dikenal dengan harga tukar mata uang yaitu harga dari mata uang asing ke dalam mata uang Rupiah, uang sebuah alat tukar yang sah digunakan untuk melakukan pembayaran ketika terjadinya transaksi, begitu juga dengan kurs yang dimana kurs digunakan untuk melakukan transaksi di perdagangan internasional. Pengertian kurs juga disampaikan oleh beberapa tokoh terkemuka diantaranya, perbandingan harga mata uang negara satu dengan negara lain disebut nilai tukar atau kurs (Thobarry, 2009).

Menurut Todaro (2000) kurs merupakan tingkat atau harga yang mana dapat dilakukan dengan menukar mata uang ke bank sentral dengan mata uang negara lain. Nilai tukarnya bisa mengalami perubahan diantara kedua mata uang tersebut, bisa terjadi depresiasi maupun apresiasi dimana depresiasi yaitu harga mata uang Rupiah dengan USD terjadi penurunan, sedangkan apresiasi kebalikan dari depresiasi. Peran utama Kurs Rupiah dengan USD sangat penting di dalam perdagangan global secara menyeluruh karena hal ini dapat membandingkan harga setiap jenis barang dan jasa dari mancan negara (Triyono, 2008).

Dapat disimpulkan bahwasannya kurs merupakan nilai mata uang yang ditukarkan diantara negara dengan nilai yang dapat mengalami kenaikan atau penurunan yang berperan dalam perdagangan internasional.

2.1.2 Sistem Kurs

Madura (2006) menyampaikan bahwa beberapa sistem kurs yang dikategorikan berdasarkan tingkat pengawasan pemerintah terhadap kurs, antaranya:

1. Sistem tetap atau dikenal *fixed exchange rate system* ini merupakan harga mata uang yang beroperasi konstan atau kurs berfluktuasi dikisaran tergolong kecil karena berada pada pengawasan pemerintah. Negara yang menganut sistem ini antara lain Arab Saudi, Denmark.
2. Sistem mengambang bebas atau *freely floating exchange rate system* dimana harga mata uang akan sepenuhnya dikelola oleh pasar tanpa campur tangan pemerintah. Indonesia sendiri menerapkan sistem ini dimulai pada tahu 1997 hingga saat ini.
3. Sistem mengambang terkendali atau *managed float exchange rate system* dimana pada sistem ini dipegang kendali oleh pasar dan juga pemerintah yang berperan sewaktu-waktu apabila terjadinya fluktuasi sangat pesat jauh dari harga mata uang. Sistem ini pernah dipakai di Indonesia pada tahun 1978.
4. Sistem terikat atau dikenal dengan *pegged exchange rate syatem*, dimana harga mata uang negara tersebut mengikuti nilai dari harga mata uang asing negara tertentu.

2.2 Faktor-Faktor yang Pengaruhi Kurs

2.2.1 Tingkat Suku Bunga

Suku bunga memaparkan tingkat harga yang diperoleh seseorang diterimanya sejumlah dana yang dipinjam selama kurun waktu tertentu. Suku bunga juga memiliki peran dalam perekonomian yang terus dipantau secara ketat karena efeknya menjangkau luas. Suku bunga secara jelas mempengaruhi kehidupan sehari-hari dilingkungan masyarakat serta memiliki dampak besar pada keadaan ekonomi. Dapat dikatakan juga bahwa harga untuk meminjam uang dalam penggunaan daya belinya disebut suku bunga (Puspopranoto, 2004).

Apresiasi kurs negara terjadi karena adanya kenaikan suku bunga negara tersebut, sedangkan kenaikan suku bunga negara lain dapat menimbulakan depersiasi kurs (Krugman, 2003). Jika terjadinya kenaikan suku bunga maka mata uang negara akan tinggi dan sebaliknya apabila suku bunga turun maka mata uang negara tersebut melemah. Suku bunga memiliki kaitan erat terhadap perdagangan ekonomi dalam kurun waktu tertentu.

Pengertian di atas diartikan, yaitu suku bunga juga berpengaruh dalam kurs Rupiah dengan USD, jika terjadinya kenaikan suku bunga maka meningkatkan mata uang negara, dan begitu pula sebaliknya.

2.2.2 Inflasi

Inflasi merupakan gejala harga barang yang terjadi cendrung naik secara keseluruhan (Daryono, 2016). Menurunnya harga mata uang negara dapat terjadi juga karena inflasi. Jika terjadinya inflasi yang cukup pesat maka akan banyak masyarakat mengimpor barang dari negara lain serta terjadinya peningkatan mata uang asing dan juga penurunan atas permintaan negara tersebut juga terjadi. Di sisi lain, akibat dari perubahan inflasi sangat mempengaruhi perdagangan global.

Cara menghitung inflasi yang paling mudah yaitu dengan menggunakan indeks harga konsumen (IHK), berikut ini rumus perhitungannya:

$$LL_t = \frac{IHK_t - IHK_{t-1}}{IHK_{t-1}}$$

dimana:

LL_t : laju inflasi

IHK_t : nilai indeks harga konsumen

IHK_{t-1}: nilai indeks harga saham konsumen pada periode waktu ke-(t - 1)

2.2.3 Ekspor

Ekspor yaitu memproduksi barang di negara tersebut kemudian diperjualkan ke negara lain (Mankiw, 2000). Ekspor juga mempengaruhi masuknya valuta asing kedalam negeri. Dengan demikian, dolar di masyarakat akan meningkat sehingga menguatkan nilai tukar Rupiah. Depresiasi nilai tukar menjadikan ekspor lebih murah bagi importir atau negara lain, dan harga dapat bersaing, sehingga membuat ekspor lebih kompetitif di pasar internasional, hubungan yang terjadi antara ekspor dan nilai tukar Rupiah yaitu positif. Memperluas pasar, menambah devisa negara dan menambah lapangan pekerjaan merupakan beberapa manfaat dari kegiatan ekspor. Ekspor dapat difaktori dari berbagai masalah yang terjadi baik dari negara tersebut maupun negara lain.

2.2.4 Impor

Impor merupakan lawan dari ekspor, impor di lain sisi membantu memenuhi kebutuhan penduduk suatu negara akan barang dan jasa yang sesuai dengan kebutuhan, tetapi di sisi lain dapat merusak produk atau jasa di dalam negara tersebut serta yang paling mengurangi pendapatan negara tersebut. Impor dilakukan jika barang atau jasa di negara lain memiliki harga dan kualitas yang baik ataupun barang atau jasa yang dibutuhkan tidak tersedia di dalam negara tersebut (Ekananda, 2015).

Apabila harga tukar menurun akan mengakibatkan barang dari impor menjadi mahal untuk negara tersebut. Dalam kegiatan impor jika terjadi sangat pesat maka meningkatnya permintaan USD yang menimbulkan penurunan nilai tukar.

2.2.5 Cadangan Devisa

Devisa adalah alat yang digunakan untuk melakukan pembayaran internasional dan fungsi dari devisa tersebut yaitu sebagai uang internasional. Penjabaran dari cadangan devisa merupakan mata uang asing yang umumnya dikelola pemerintah atau bank sentral sebagai cadangan internasional (Lipsey, 1990).

Secara umum dikatakan bahwa cadangan devisa suatu negara aman jika dapat memenuhi permintaan impor setidaknya selama tiga bulan. Suatu negara dianggap rentan jika cadangan devisanya tidak mencukupi untuk tiga bulan impor. Rendahnya suplai devisa negara dapat mengakibatkan sulitnya perekonomian negara tersebut.

2.3 Statistika Deskriptif

Berdasarkan tujuan analisis, statistika ada dua yaitu statistik inferensia dan statistik deskriptif (Kadir, 2015). Dimana statistik deskriptif merupakan informasi tentang pemusatan data, penyebaran serta distribusi data tanpa adanya kesimpulan.

Statistik deskriptif meliputi distribusi frekuensi,ukuran pemusatan, dan ukuran penyebaran dimana ketiga tersebut masih mencangkup diantarannya histogram, rata-rata, kuartil, variansi dan lain lain (Hasan, 2001). Jadi statistika deskripsi merupakan gambaran umum suatu data agar lebih mudah dimegerti.

2.4 Regresi Nonparametrik

Regresi nonparametrik biasa dikenal dengan metode *distribution free* atau bebas sebaran karena dalam uji statistiknya tidak menetapkan syarat tertentu terkait distribusi parameter populasinya. Istilah nonparametrik diperkenalkan oleh Wolfowitz pada tahun 1942 dimana nonparametrik sendiri berkembang.

Menurut Eubank (1999) pendugaan model pada pendekatan nonparametrik dilakukan tidak mengikuti asumsi bentuk kurva regresi tertentu dimana kurva regresi diasumsikan hanya *smooth* atau mulus, yang artinya nonparametrik memiliki fleksibilitas yang baik sehingga mampu membentuk estimasi kurva regresinya sendiri.

Secara umum model regresi nonparametrik ditulis sebagai berikut:

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

dengan :

y_i : variabel respon pada pangamatan ke –i

x_i : variabel prediktor pada pengamatan ke-i

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

ε_i : error random ke-*i* dengan mean nol dan variansi σ^2

Salah satu pendekatan di dalam regresi nonparametrik yaitu regresi *spline.* Dimana *spline* memiliki kelebihan dalam mengatasi pola data yang naik atau turunnya secara pesat dengan bantuan titik-titik *knot*, dan juga hasil kurvanya relatif mulus (Hardle, 1990).

2.5 Regresi *Spline*

Spline merupakan salah satu jenis potongan polinomial yang memiliki sifat tersegmen yang kontinu, dimana sifat itu memberikan pengaruh pada fleksibilitas yang lebih dibanding polinomial biasa. Regresi *spline* sendiri memiliki tujuan yaitu untuk memperkecilkan keragaman dan juga melakukan estimasi data yang memiliki karakteristik berbeda dengan data yang lain.

Menurut Eubank (1988) bentuk umum dari regresi *spline* orde ke-m adalah

$$f(x) = \beta_0 + \sum_{k=1}^{k_m} \beta_k x^k + \sum_{l=1}^{N} \beta_{l+k} (x - t_l)_+^{k_m} + \varepsilon$$

Dengan

$f(x)$: fungsi regresi *spline*

β_0 : konstanta

l : titik *knots* $t_1, t_2, \dots, t_K$

k_m : derajat interaksi

ε : error random ke-i dengan mean nol dan variansi σ^2

$(x - t_l)_+^{k_m}$: fungsi potongan /*truncated* polinomial dengan penjelasan yaitu

$$(x-t_l)_+^{k_m} = \begin{cases} (x-t_l)^{k_m} & ; x \geq t_l \\ 0 & ; x < t_l \end{cases}$$

Pada data pengamatan n, bentuk matriks persamaan di atas didefinisikan menjadi:

$$\mathrm{y} = \mathrm{X}_1\delta_1 + (\mathrm{X}-\mathrm{K})\delta_2 + \varepsilon$$

Dengan,

$$\mathrm{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}; \delta_1 = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix}; \mathrm{X}_1 = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & \cdots & x_1^m \\ 1 & x_2 & x_2^2 & \cdots & x_2^m \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \cdots & x_n^m \end{bmatrix}; \delta_2 =$$

$$\begin{bmatrix} \beta_{m+1} \\ \beta_{m+2} \\ \beta_{m+3} \\ \vdots \\ \beta_{m+N} \end{bmatrix}; \ (\mathrm{X}-\mathrm{K}) = \begin{bmatrix} (x_1-k_1)^{k_m} & (x_1-k_2)^{k_m} & \cdots & (x_1-k_N)^{k_m} \\ (x_2-k_1)^{k_m} & (x_2-k_2)^{k_m} & \cdots & (x_2-k_N)^{k_m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (x_n-k_1)^{k_m} & (x_n-k_2)^{k_m} & \cdots & (x_n-k_N)^{k_m} \end{bmatrix}$$

Atau $\mathrm{y} = \mathrm{X}\beta + \varepsilon$

Dimana $\mathrm{X} = [\ \mathrm{X}_1 \quad (\mathrm{X}-\mathrm{K})]$ dan $\beta = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{bmatrix}$

Jika diambil fungsi *spline* berorde ke-1 dengan satu variabel prediktor secara umum ditulis

$$f_1(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2(x_1 - K)^1 + \varepsilon$$

$$f_1(x) = \beta_0 + \beta_1 x \quad + \beta_2(x \quad - K)_+^1 + \varepsilon$$

Dimana

β_0 : konstanta

β_1 : slope

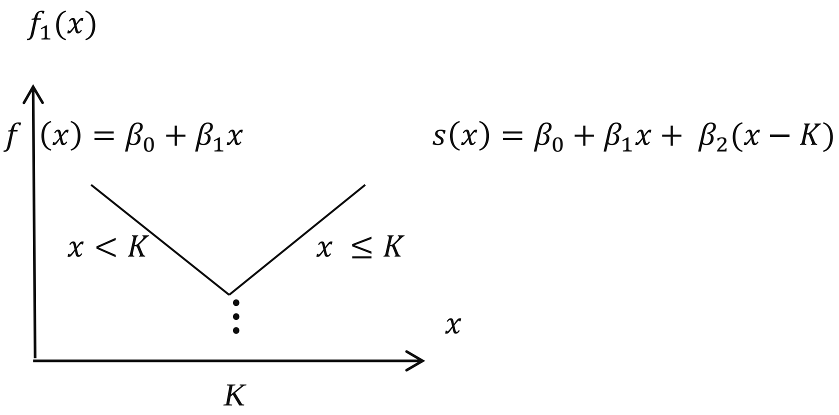
K : knot

x : peubah penjelas/independen

Dimana fungsi ini juga dapat disajikan menjadi

$$f_1(x) = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 x & ; x < K \\ \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2(x - K) & ; x \geq K \end{cases}$$

Diperoleh grafik *spline* dengan satu titik knot pada x = K yaitu



2.6 Multivariate *Adaptive Regression Spline* (MARS)

Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) merupakan pendekatan untuk regresi multivariat nonparametrik yang dikembangkan oleh Friedman, MARS sendiri merupakan pengembangan dari *Rucrsive Partitioning Regression* (RPR). *Rucrsive Rartitioning Regression* (RPR) adalah program komputasi salah satunya dengan kelebihan dalam pengelolaan data memiliki dimensi tinggi. Namun terdapat kekurangan di dalamnya, yaitu tidak kontinu pada titik *knot* sehingga disempurnakan dalam pendekatan *spline* dan diperolehlah *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS).

Friedman (1991) menerangkan yaitu model MARS ialah kombinasi komplek diantara metode *Rucrsive Rartitioning Regression* (RPR) dengan metode *spline* dimana gabungan tersebut agar menghasilkan estimasi fungsi regresi kontinu. Dimana perhitungan program komputasi sangat dipergunakan dalam mengelola data karena selalu menghasilkan sesuai algoritmanya.

Estimasi model parameter *Multivariate Adaptive Regression Splin*e (MARS) ditulis sebagai berikut (Friedman,1991).

$$y_i = a_0 + \sum_{m=1}^{M} a_m \prod_{k=1}^{k_m} \left[S_{km} \ (x_{v(k,m)} - z_{km} \right] + \ \varepsilon_i \qquad (2.1)$$

Dimana

y_i : variabel respon

a_0 : konstanta regresi fungsi basis

a_m : koefisien fungsi basis ke-m, m =1,2,…, M

m : fungsi basis

k : derajat interaksi

S_{km} : pada titik *knot* nilainya +1 atau -1 jika data ada di kanan atau kiri titik *knot*

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

z_{km} : nilai titik *knot* variabel prediktor $x_{v(k,m)}$

ε_i : error random ke-i dengan mean nol dan variansi σ^2

Model MARS dapat dituliskan menjadi (Otok, 2008):

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

$$B_m(x) = \prod_{k}^{k_m} \left[S_{km} \ (x_{v(k,m)} - z_{km} \right]$$

Dimana:

$B_m(x)$: basis fungsi ke-m pada variabel prediktor

S_{km} : pada titik *knot* nilainya +1 atau -1 jika data ada di kanan atau kiri titik *knot*

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

z_{km} : nilai titik *knot* dari variabel prediktor $x_{v(k,m)}$

v : variabel prediktor

m : basis fungsi

k : derajat interaksi

Model MARS dalam bentuk matriks dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathrm{Y} = \mathrm{B}a + \varepsilon \tag{2.2}$$

Dimana:

Y : vektor dari variabel respon

B: nilai dari basis fungsi

α: koefisien basis fungsi

ε : galat error

Dengan

$$\mathrm{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \qquad \alpha = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} \qquad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

$$\mathrm{B} = \begin{bmatrix} 1 & \prod_{k=1}^{K_1}\left[S_{1m}\ \left(x_{1(1,m)} - z_{1m}\right)\right] & \cdots & \prod_{k=1}^{K_M}\left[S_{Mm}\ \left(x_{1(M,m)} - z_{Mm}\right)\right] \\ 1 & \prod_{k=1}^{K_1}\left[S_{1m}\ \left(x_{2(1,m)} - z_{1m}\right)\right] & \cdots & \prod_{k=1}^{K_M}\left[S_{Mm}\ \left(x_{2(M,m)} - z_{Mm}\right)\right] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \prod_{k=1}^{K_1}\left[S_{1m}\ \left(x_{n(1,m)} - z_{1m}\right)\right] & \cdots & \prod_{k=1}^{K_M}\left[S_{Mm}\ \left(x_{n(M,m)} - z_{Mm}\right)\right] \end{bmatrix}$$

Pada persamaan bentuk matriks diatas

Y : vektor dari variabel respon yang berukuran $(n \times 1)$

B : matriks basis fungsi yang berukuran $(n \times (M+1))$

α : vektor koefisien regresi berukuran $((M+1) \times n)$

ε : vektor galat error berukuran $(n \times 1)$

Penjabaran model MARS yaitu (Budiantara, dkk., 2006):

$$f\ (x) = a_0 + \sum_{m=1}^{M} a_m \prod_{k=1}^{K_M} [S_{km}\ (x_{v(k,m)} - z_{km}]$$

$$\begin{aligned} f\ (x) \ = \ & a_0 + \sum_{m=1}^{M} a_m\ [S_{1m}\ (x_{1(1,m)} - z_{1m})] \\ & + \sum_{m=1}^{M} a_m\ [S_{1m}\ (x_{v(1,m)} - z_{1m})][S_{2m}\ (x_{v(2,m)} - z_{2m})] \\ & + \sum_{m=1}^{M} a_m\ [S_{1m}\ (x_{v(1,m)} - z_{1m})][S_{2m}\ (x_{v(2,m)} \\ & - z_{2m})][S_{3m}\ (x_{v(3,m)} - z_{3m})] + \cdots \end{aligned}$$

$$f(x) = a_0 + f_i(x_i) + f_{ij}(x_i, x_j) + f_{ijk}(x_i, x_j, x_k) + \cdots \tag{2.3}$$

Misalkan diambil BF =6 dan MI = 2

$$\hat{f}\ (x) = a_0 + \sum_{m=1}^{6} a_m \prod_{k=1}^{2} [s_{km}\ (x_{v(k,m)} - z_{km}]$$

$$\begin{aligned} \hat{f}\ \ (x) \ = \ & a_0 + a_1\ [s_{11}\ (x_{v(1,1)} - z_{11}] + a_2\ [s_{12}\ (x_{v(1,2)} - z_{12}] \\ & + a_3[s_{13}\ (x_{v(1,3)} - z_{13}] + a_4[s_{14}\ (x_{v(1,4)} - z_{14}] \\ & + a_5[s_{15}\ (x_{v(1,5)} - z_{15}] + a_6[s_{16}\ (x_{v(1,6)} - z_{16}] \\ & + a_1\ [s_{11}\ (x_{v(1,1)} - z_{11}]\ [s_{21}\ (x_{v(2,1)} - z_{21}] \\ & + a_2\ [s_{12}\ (x_{v(1,2)} - z_{12}][s_{22}\ (x_{v(2,2)} - z_{22}] \\ & + a_3[s_{13}\ (x_{v(1,3)} - z_{13}][s_{23}\ (x_{v(2,3)} - z_{23}] \\ & + a_4[s_{14}\ (x_{v(1,4)} - z_{14}][s_{24}\ (x_{v(2,4)} - z_{24}] \\ & + a_5[s_{15}\ (x_{v(1,5)} - z_{15}][s_{25}\ (x_{v(2,5)} - z_{25}] \\ & + a_6[s_{16}\ (x_{v(1,6)} - z_{16}][s_{26}\ (x_{v(2,6)} - z_{26}] \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2.3)

i. Pada penjumlahan yang pertama berasal dari seluruh basis fungsi interaksi bervariabel satu
ii. Pada penjumlahan yang kedua berasal dari seluruh basis fungsi interaksi bervariabel dua

iii. Pada penjumlahan yang ketiga berasal dari seluruh basis fungsi interaksi bervariabel tiga dan seterusnya.

Dapat dilihat dari penjabaran di atas model MARS dapat ditulis

$$f_i(x_i) = \sum_{m=1}^{M} a_m B_m(x_i)$$

Pada penjumlahan yang pertama berasal dari seluruh basis fungsi interaksi bervariabel satu x_i dan berderajat m=1 atau disebut univariat.

$$f_{ij}(x_i, x_j) = \sum_{m=1}^{M} a_m B_m(x_i, x_j)$$

Pada penjumlahan yang kedua berasal dari seluruh basis fungsi interaksi bervariabel dua x_i dan x_j atau disebut bivariat

$$f_{ijk}(x_i, x_j, x_k) = \sum_{m=1}^{M} a_m B_m(x_i, x_j, x_k)$$

Pada penjumlahan yang ketiga berasal dari seluruh basis fungsi interaksi bervariabel tiga (x_i, x_j, x_k) atau disebut trivariat.

Otok dan Pintowati(2012) menyampaikan, ada beberapa hal yang harus dipahami terhadap penggunaan model MARS yaitu:

a. *Knot*, merupakan awal dari satu garis regresi dan juga akhir dari satu garis regresi lainnya. Perpaduan titik yang mana fungsi itu terpotong, bisa dikatakan titik yang menggabungkan kejadian perubahan prilaku data di interval tertentu.
b. Fungsi basis (BF), yakni fungsi dimana menjabarkan hubungan diantara variabel respon dan variabel prediktor. Friedman juga menganjurkan nilai maksimum fungsi basis (BF) diantara 2- 4 kali dari banyak variabel prediktornya.
c. Maksimum interaksi (MI) yang diterapkan yaitu 1, 2, dan 3. Apabila MI > 3 yang dipakai maka diperoleh model kompleks serta sukar saat diinterpretasikan.
d. Minimum observasi (MO) yang artinya minimum jarak antara *knot* nilai yang dipergunakan yaitu 0, 1, 2, dan 3.

2.7 Estimasi Parameter *Multivariate Adaptive Regression Spline*

Estimasi parameter yaitu untuk menentukan parameter-parameter dari data sampel. Untuk mencari estimator $\hat{\boldsymbol{\alpha}}$ dilakukan dengan mengaplikasikan metode kuadrat terkecil (*Ordinary Least Square* atau OLS), pada prinsip metode ini yaitu dengan meminimalkan jumlah kuadrat errornya atau dikenal *Sum Square Error* (SSE) dengan mengkuadratkan yang berasal dari persamaan (2.2).

$$\mathrm{Y} = \mathbf{B\alpha} + \varepsilon$$

$$\varepsilon = \mathrm{Y} - \mathbf{B\alpha}$$

$$\mathbf{SSE} = \sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{\varepsilon}_i^2 = \boldsymbol{\varepsilon}^{\mathbf{T}}\boldsymbol{\varepsilon} = (\mathrm{Y} - \mathbf{B\alpha})^{\mathbf{T}}(\mathrm{Y} - \mathbf{B\alpha})$$

$$= (\,\mathrm{Y}^{\mathrm{T}} - \boldsymbol{\alpha}^{\mathbf{T}}\mathbf{B}^{\mathbf{T}})(\mathrm{Y} - \mathbf{B\alpha})$$

$$= \mathrm{Y}^{\mathrm{T}}\mathrm{Y} - \mathrm{Y}^{\mathrm{T}}\mathbf{B\alpha} - \boldsymbol{\alpha}^{\mathbf{T}}\mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathrm{Y} + \boldsymbol{\alpha}^{\mathbf{T}}\mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{B\alpha}$$

$$= \mathrm{Y}^{\mathrm{T}}\mathrm{Y} - \mathbf{2}\boldsymbol{\alpha}^{\mathbf{T}}\mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathrm{Y} + \boldsymbol{\alpha}^{\mathbf{T}}\mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{B\alpha}$$

Dalam mendapatkan persamaan normal maka akan dikerjakan dengan mendiferensialkan atau dikenal dengan menurunkan SSE terhadap α secara parsial maka diperoleh.

$$\frac{\partial\mathbf{SSE}}{\partial\boldsymbol{\alpha}} = -\mathbf{2B}^{\mathbf{T}}\mathrm{Y} + \mathbf{2B}^{\mathbf{T}}\mathbf{B\alpha} = \mathbf{0}$$

$$-\mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{Y} + \mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{B\alpha} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{B\alpha} = \mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{Y}$$

$$\boldsymbol{\alpha} = (\,\mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{B}\,)^{-\mathbf{1}}\mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{Y}$$

Dimana **B** merupakan matriks non singular, maka dirumuskan taksiran $\boldsymbol{\alpha}$ yaitu

$$\hat{\boldsymbol{\alpha}} = (\,\mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{B})^{-\mathbf{1}}\mathbf{B}^{\mathbf{T}}\mathbf{Y}$$

2.8 Pengujian Parameter Model Regresi

Regresi parametrik harus terpenuhinya semua asumsi, jika diantara asumsi terdapat asumsi yang tidak terpenuhi dapat dikatakan regresi nonparametrik. Asumsi regresi klasik diantaranya adalah berikut ini (Asriani, 2016).

1. Uji Normalitas

   Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data yang dipergunakan apakah dari populasi normal yang artinya bahwa $\varepsilon \sim NIID(0, \sigma^2)$. Untuk melakukan uji normalitas pada data uji yang digunakan adalah *Kolmogorov-Smirnov*.

a. Hipotesis:

   H_0: Berdistribusi normal

   H_1: Tidak berdistribusi normal

b. Tingkat signifikan: α=0,05

c. Statistik uji:

   $D = supremum\ |S_x - F_0|$

   S_x : distribusi frekuensi komulatif

   F_0 : distribusi frekuensi komulatif empiris

d. Daerah kritis:

   H_0 ditolak jika nilai $D > D_{tabel(N,\alpha)}$ atau sign $< \alpha$.

   Jika uji normalitas terpenuhi, maka nilai residual akan didistribusikan secara acak dimana akan berkumpul disekitar garis lurus melalui titik nol.

2. Uji Homoskedastisitas

   Uji ini dilakukan untuk menguji model regresi yang diduga terjadinya ketidaksamaan variansi antar residual. Apabila variansi residual pengamatan satu ke pengamatan lainnya tetap, dapat dikatakan homoskedastisitas, dan sebaliknya maka dikatakan heteroskedastisitas. Model dikatakan baik jika model yang homoskedastisitas dan tidak terjadi heterokedastisitas.

a. Hipotesis:

H_0: Tidak ada gejala heteroskedastisitas

H_1: Adanya gejala heteroskedastisitas

b. Tingkat signifikan: α = 0,05

c. Statistik uji: $|U_t| = a + bX_i + \varepsilon_i$

d. Daerah kritis:

H_0 ditolak jik sign < α.

3. Autokorelasi

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

a. Hipotesis:

H_0 : Tidak terjadi autokorelasi

H_1 : Terjadi autokorelasi

b. Tingkat signifikansi $a = 0{,}05$

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

d. Daerah kritis:

d < dL atau d > 4 − dL, artinya adanya autokorelasi

dU < d < 4 − dU, artinya tidak adanya autokorelasi

dL < d < dU atau 4 – dU < d < 4 − dL, tidak ditariknya kesimpulan.

4. Multikolinieritas

Multikolinieritas digunakan untuk mengetahui dugaan hubungan antar variabel prediktor X_i yang memiliki hubungan yang kuat. Setiap informasi yang diperoleh dari variabel prediktor yang berhubungan serta sukar terpisah dari pengaruhnya. Apabila semakin besarnya nilai VIF artinya multikolinieritas menjadi kompleks. Dimana jika VIF < 10, artinya secara signifikan tidak ada multikolinieritas (Neter, dkk., 1989).

2.9 Algoritma *Multivariat Adaptive Regression Spline*

Pembentukan model *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) pertama dilakukan yaitu menetapkan *knot* dan basis fungsi pada variabel prediktor dengan melakukan plot variabel respon. Jumlah *knot* optimum maka diperoleh model MARS yang baik oleh karenanya dapat berlanjut tahap mau (*forward*) dan tahap mundur (*backward*) dimana algoritma *Recursive Partitioning* sudah dimodifikasi, *knot* yang optimum samakan dengan data yang ada. Berikut ini gambaran algoritma MARS diantaranya (Friedman, 1991).

1. *Forward Stepwise*

   Langkah - langkah tahapan dalam *forward stepwise*:

   a) Misal $B_0 = 1$ yaitu fungsi basis awal.
   b) menentukan pasangan basis fungsi yang mana kombinasi variabel prediktor x_i dan *knot* diperoleh model yang jumlah kuadrat sisaannya terkecil.
   c) Misal B_m merupakan fungsi basis yang telah ada pada model sebelumnya, kemudian B_m digabungkan pada model maka menghasilkan model yang jumlah kuadrat sisaannya terkecil.
   d) Ulangi kembali langkah ketiga maka diperoleh banyak basis fungsi pada model lebih atau sama dengan maksimum dari banyak basis fungsi yang sudah ditentukan.

2. *Backward Stepwise*

   Langkah - langkah *backward* antaranya:

   a) memulainya pada model yang dihasilkan dari *forward* yang memiliki m basis fungsi.
   b) menghapus salah satu basis fungsi yang tidak konstan serta pengaruhnya terkecil. Pada kriteria kuadrat terkecil, basis fungsi yang pengaruhnya terkecil merupakan basis fungsi yang mana

apabila dihapus pada model sebelumnya maka akan terjadi penurunan pada jumlah kuadrat sisaan terkecil.

c) Mengulangi langkah yang kedua sampai diperolehnya model yang hanya memiliki basis fungsi yang konstan.

2.10 Pemilihan Model Terbaik dengan *Generalized Cross Validation*

Friedman (1991) menyampaikan *Generalized Cross Validation* (GCV) ialah metode klasik dipergunakan menentukan parameter pada metode MARS dan kriteria yang paling baik untuk menetukan model yang paling optimum. Bentuk fungsi GCV didefinisikan sebagai berikut.

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

Dimana:

y_i : variabel respon

x_i : variabel prediktor ke-i

$\hat{f}_M(x_i)$: taksiran variabel respon

n : banyak pengamatan

$C(\widehat{M})$: $C(M) + dM$

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

d : nilai ketika setiap fungsi basis sudah optimum ($2 \leq d \leq 4$)

Sehingga model MARS terbaik dapat ditulis dalam persamaan:

$$\hat{y} = \alpha_0 + a_1 BF_1 + a_2 BF_2 + \cdots + a_m BF_m$$

Dengan

$\hat{y}$: merupakan variabel respon

α_0 : konstanta

α_m : koefisien fungsi basis ke m

BF_m : merupakan fungsi basis ke m

Model MARS terbaik dapat didapatkan dengan mengamati kriteria GCV nilai terkecil, jika terdapat nilai GCV sama dapat membandingkan nilai MSE terkecil diantara nilai tersebut, dan jika nilai MSE masih sama maka mempertimbangan nilai R^2 terbesar.

2.11 Pengujian Signifikansi Model MARS Terbaik

Jika sudah didapatkan model MARS terbaik dengan persamaan model pada (2.1), dimana persamaan tersebut adalah

$$y_i = a_0 + \sum_{m=1}^{M} a_m \prod_{k=1}^{k_m} \left[S_{km} \ (x_{v(k,m)} - z_{km} \right] + \varepsilon_i$$

Maka akan dilakukannya pengujian agar mengetahui signifikansi parameter sehingga kecocokan model dapat dievaluasi dengan menguji koefisien regresi baik secara simultan ataupun dengan parsial.

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

1. Uji Serentak atau Simultan

a. Hipotesis:
   H_0: $\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \cdots = a_M = 0$ (model tidak signifikan)
   H_1: minimal terdapat satu $a_m \neq 0$; $m = 1,2,\ldots, M$ (model signifikan)
b. Taraf signifikan: α =0,05
c. Statistik uji F:

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

Dimana *n* menyatakan ukuran sampel dan $F_{\alpha(v_1,v_2)}$ yang diperoleh dari tabel F dengan taraf signifikansi *α* serta $v_1 = k$ dan $v_2 = n - k - 1$

d. Daerah kritis:

Tolak H_o jika nilai $F_{hitung} > F_{\alpha(k-1,n-k)}$ atau jika $P\ value(sig) < \alpha$.

2. Uji Parsial

a. Hipotesis:

H_o : $\alpha_m = 0$, koefisien α_m tidak berpengaruh pada model

H_1 : $\alpha_m \neq 0$, untuk setiap m=1,2,...,M. koefisien α_m berpengaruh pada model

b. Taraf signifikan: α = 0,05

c. Statistik uji:

$$t_{hitung} = \frac{\widehat{a_m}}{Se(\widehat{a_m})}$$

Dengan $Se_{\widehat{a_m}}$ merupakan standar *error* dengan rumus:

$$Se(\hat{a}_m) = \sqrt{var(\hat{a}_m)}$$

d. Daerah kritis

Tolak H_o jika $|t_{hitung}| > t_{(\frac{\alpha}{2},n-k)}$ atau jika $P\ value(sig) < \alpha$.

n merupakan jumlah dari amatan serta *k* ialah jumlah dari parameter.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2022/2023, bertempat di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang didapat dari publikasi Bank Indonesia, Badan Pusat Statistik, dan Kementerian Perdagangan dengan situs *www.bi.go.id*, *www.bps.go.id*, dan *www.kemendag.go.id*. Data yang pergunakan merupakan data faktor yang pengaruhi Kurs Rupiah terhadap USD pada tahun 2019-2022. Dalam penelitian diantaranya variabel yang digunakan

Tabel 1. Data Penelitian

Variabel	Keterangan	Definisi Keterangan Variabel	Satuan
Y	Kurs Rupiah terhadap USD	Harga mata uang Rupiah dalam USD.	Ribu Rupiah
X_1	Suku Bunga	Jumlah yang harus dibayar dalam kurun waktu tertentu sesuai uang yang dipinjam.	Persen
X_2	Inflasi	Harga dari berbagai barang yang cendrung naik.	Juta USD
X_3	Ekspor	Di dalam negeri barang diproduksi kemudian dijual di lain negara	Juta USD
X_4	Impor	Produksi yang dikelola Negara lain yang kemudian di jual ke dalam negeri	Juta USD
X_5	Cadangan Devisa	Aset Negara yang dikelola bank sentral atau otoritas moneter,	Juta USD

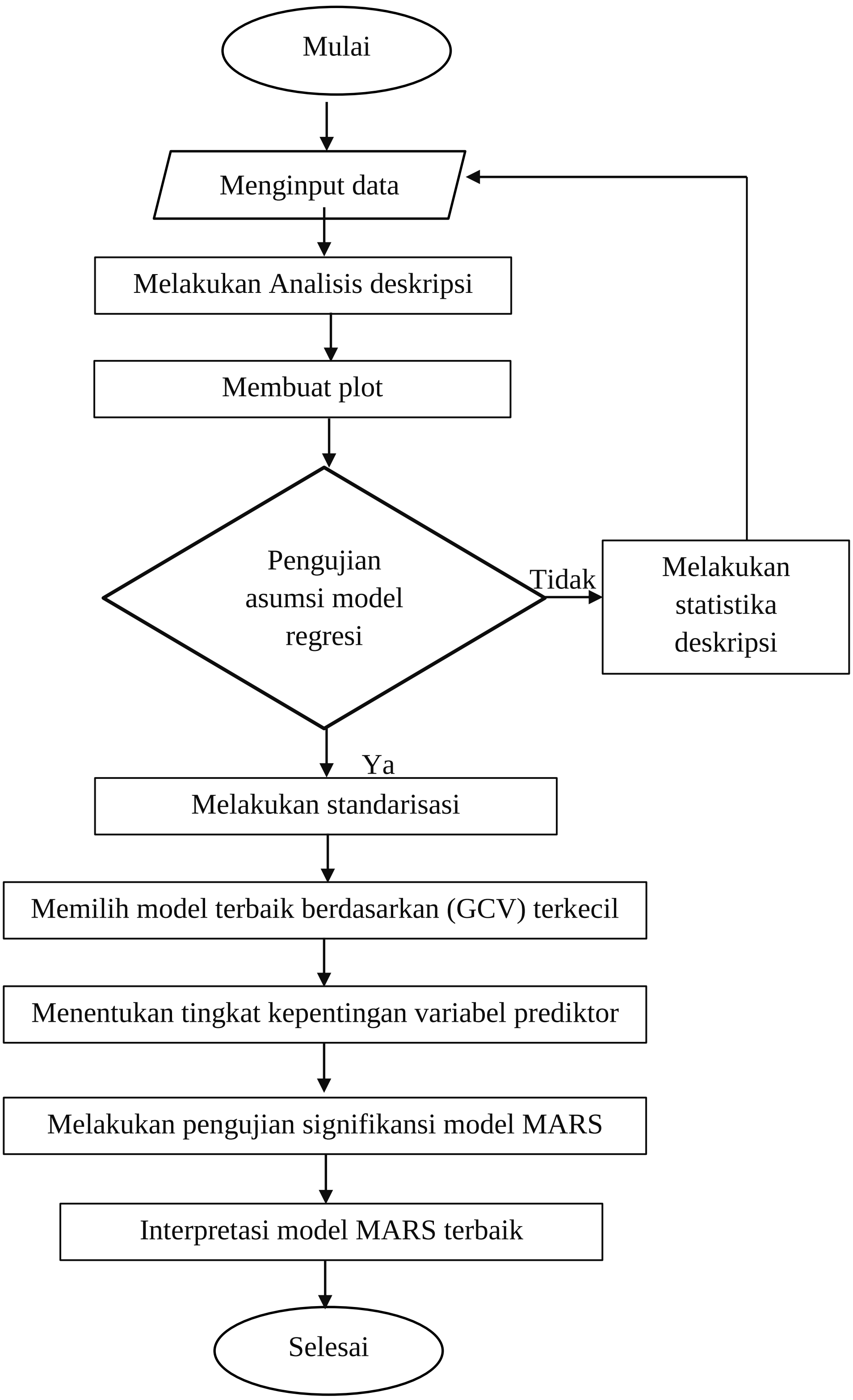
Pada data ini variabel dependen dan independen memiliki hubungan satu sama lain, variabel dependen yaitu harga tukar Rupiah terhadap USD (Y) dimana variabel ini akan dipengaruhi variabel independen yaitu $X_1, X_2, X_3, X_4,$ dan X_5.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan bantuan *software* R-Studio dan *Salford Predictive Modeler 8.3.2* (SPM). Metode yang dipergunakan dalam menyelesaikan penelitian ini ialah dengan pendekatan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS). Langkah- langkah dalam menyelesaikan penelitian ini diantara lain yaitu:

1. Melakukan statistika deskripsi pada setiap variabel sebagai pemula agar terindikasi hubungan antar variabel.
2. Melakukan plot data variabel respon dengan semua variabel prediktor.
3. Melakukan pengujian asumsi klasik pada setiap variabel untuk mengetahui apakah layak dilakukan analisis regresi nonparametrik.
4. Menentukan nilai terkecil *Generalized Cross Validation* (GCV) untuk membentuk model MARS terbaik.
5. Melakukan uji signifikansi model MARS agar mengevaluasi model dengan pengujian koefisien regresi secara parsial dan juga secara simultan.
6. Menginterpretasikan model MARS terbaik dan juga menjelaskan variabel yang berpengaruh di dalam model.
7. Menentukan tingkatan terpenting variabel prediktor di dalam model yang berpengaruh.

Adapun diagram alir langkah-langkah algoritma dalam *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) sebagai berikut:



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian analisis pemodelan *Mutivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) pada Kurs Rupiah terhadap USD maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Bentuk model *Mutivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) dengan pada Kurs Rupiah terhadap USD persamaannya yaitu.

$$\begin{aligned}\hat{\mathrm{Y}} = -1.59735 + 1.46479 * \mathrm{BF}_1 + 5.64748 * \mathrm{BF}_4 - 4.29331 \\ * \mathrm{BF}_5 - 11.4581 * \mathrm{BF}_9 + 2.11639 * \mathrm{BF}_{11} \\ + 0.734893 * \mathrm{BF}_{12} + 18.8621 * \mathrm{BF}_{14}\end{aligned}$$

Basis Fungsi yang digunakan dalam model diantaranya:
$\mathrm{BF}_1, \mathrm{BF}_4, \mathrm{BF}_5, \mathrm{BF}_9, \mathrm{BF}_{11}, \mathrm{BF}_{12}$, dan BF_{14};

dengan:
$\mathrm{BF}_1 = \max(0, \mathrm{X2} - 0.767446)$ $\mathrm{BF}_4 = \max(0, -0.406363 - \mathrm{X3})$; $\mathrm{BF}_5 = \max(0, \mathrm{X1} - 0.136552) * \mathrm{BF}_4$; $\mathrm{BF}_9 = \max(0, \mathrm{X5} + 0.640104) * \mathrm{BF}_4$; $\mathrm{BF}_{11} = \max(0, \mathrm{X1} - 0.904659)$; $\mathrm{BF}_{12} = \max(0, 0.904659 - \mathrm{X1}))$; $\mathrm{BF}_{14} = \max(0, -0.52465 - \mathrm{X2}) * \mathrm{BF}_4$;

Model MARS di atas diperoleh dari nilai GCV yang dihasilkan dengan cara mengkombinasi jumlah basis fungsi (BF), maksimum interaksi (MI), serta minimum observasi (MO) dengan cara *trial and error*, dari 36 percobaan diperoleh bentuk model terbaik dimana kombinasi BF= 20 MI =2, dan MO=1 dikarenakan nilai GCV terkecil yang dimilikinya yaitu 0,39312.

2. Tingkatan terpenting variabel prediktor yang berpengaruh pada Kurs Rupiah terhadap USD yang dihasilkan secara signifikan dari tingkat tertinggi sampai terendah yaitu variabel Inflasi (X_2) dengan nilai 100%, Cadangan Devisa (X_5) dengan nilai 75,81%, Ekspor (X_3) dengan nilai 73,35%,dan Suku Bunga (X_1) dengan nilai 69,33%. Dimana variabel Inflasi (X_2) merupakan variabel terpenting yang berpengaruh besar pada Kurs Rupiah terhadap USD.

DAFTAR PUSTAKA

Asriani, E. D. 2016. *Estimasi Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) Pada Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG*). Universitas Negeri Semarang, Semarang.

Anggraini, R. F. 2021. *Klasifikasi Kabupaten Tertinggal Di Jawa Timur Dengan Metode Multivariate Adaptiv Regression Spline (MARS*). Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya.

Budiantara, S. F. (2012). Analisis Survival dengan Pendekatan Multivariate Adaptive Regression Spline pada Kasus Deman Berdarah Dengue (DBD). *Jurnal Sains dan Seni*.

Dapaole, S. 2016. *Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kurs Rupiah Periode 1986-2015*. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

Ekananda, M. 2015. *Ekonometrika Dasar. Edisi Pertama*. Mitra Wacana Media, Jakarta.

Elisa, T. R. 2022. *Penerapan Metode Multivariate Adaptive Regression Spline (Mars) Untuk Klasifikasi Balita Stunting Di Kecamatan Padang Timur*. Doctoral Dissertation. Universitas Andalas.

Eubank, R. L. 1999. *Nonparametric Regression and Spline Smoothing. Second Edition*. Marcel Dekker, New York.

Eubank, R. 1988. *Spline Smoothing and Nonparametric Regression*. Marcel Deker, New York.

Friedman, J. H. 1991. *Multivariate Adaptive Regression Spline (With Discussion)*. The Annals of Statistics.

Hardle, W. 1990. *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge University.

Hasan, M. I. 2001. *Pokok-pokok Materi Statistik I (Statistik Deskriptif*). Bumi Aksara, Jakarta.

Hastuti, Pebri., ane, La., dan Yahya, Melati. 2020. *Fenomena Kurs Rupiah Sebelum dan Selama Covid 19*. Universitas Negeri Medan, Medan.

Kadir. 2015. *Statistika Terapan: Konsep, Contoh dan Analisis Data dengan Program SPSS/Lisrel*. Edisi Kedua. Rajawali Pers, Jakarta.

Krugman, P. R., dan Maurice Obstfelt. 2003. *International Economics: Theory dan Practice*. Eight Edition. Addison-Wesley Publishing Company, New York.

Levi, Maurice D. 1996. *Keuangan Internasional*. Andi Offset, Yogyakarta.

Lipsey, R. G., Purvis, Douglas D & Steiner, Peter O. 1990. *Pengantar Makroekonomi*. Erlangga, Jakarta.

Madura, J. 2006. *International Corporate Finance (Keuangan Perusahaan Internasional*. Salemba Empat, Jakarta.

Mankiw, N. G. 2000. *Teori Makroekonomi*. Erlangga, Jakarta.

Neter, J., Wasserman, W., dan Kutner, M. H. 1997. *Analisis Regresi Linear Sederhana*. Alih Bahasa Bambang Sumantri. FMIPA IPB, Bogor.

Otok, B. W. (2008). Asimtotik Model Mutivariate Adaptive Regression Spline. *Jurnal S3 Matematika*.

Pintowati, W., dan Otok, B.W. 2012. Pemodelan Kemiskinan di Propinsi Jawa Timur dengan Pendekatan Multivariate Adaptive. *Jurnal Sains dan Seni ITS*.

Puspopranoto. 2004. *Keuangan Perbankan dan Pasar Keuangan, Konsep Teori* *dan Realit*. Pustaka LP3IS, Indonesia.

Raditya, A. P. 2018. Penerapan Metode Multivariate Adaptive Regression Spline (Mars) Dengan Estimator Nadaraya-Watson Fungsi Kernel Gaussian.

Salvatore, D. 1997. *Ekonomi Internasional*. Edisi kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Thobarry, Achmad Ath. 2009. *Analisis Pengaruh Nilai Tukar, Suku Bunga, Laju Inflasi dan Pertumbuhan GDP Terhadap Indeks Harga Saham Sektor Properti (Kajian Empiris Pada Bursa Efek Indonesia Periode Pengamatan Tahun 2000-2008)*. Program Studi Magister Manajemen Program Pascasarjana. Universitas Diponegoro, Semarang.

Todaro, M. P. 2000. *Ekonomi Untuk Negara Berkembang: Suatu Pengantar Tentang Prinsip-Prinsip, Masalah Dan Kebijakan Pembangunan*. Bumi Aksara, Jakarta.

Triyono. 2008. Analisis Perubahan Kurs Rupiah Terhadap Dollar Amerika. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*. Universitas Muhammmadiyah Surakarta, Surakarta.

Utami, A. N. 2021. *Pemodelan Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) (Studi Kasus: Kasus Diare Pada Balita Di Provinsi Jawa Barat – Jawa Tengah Tahun 2019)*. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta.