

Pemodelan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (Mars) Pada Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) Tahun 2018 – 2023

Zakiyah Mar'ah^a, Ruliana^{a*}, Magfirah Septiana^a,

(Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Indonesia)

Abstract

Nonparametric regression is one of the methods used to estimate the pattern of the relationship between response variables and predictor variables where the shape of the regression curve is unknown and is generally assumed to be contained in an infinite dimensional function space, and is a smooth function (Eubank, 1999). The MARS method is one method that uses a nonparametric regression approach and high-dimensional data, namely data that has a number of predictor variables of $3 \leq k \leq 20$ and data samples of size $50 \leq n \leq 1000$. This research discusses Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) Modeling on the Composite Stock Price Index (JCI) 2018 - 2023. MARS modeling is obtained from a combination of basis function (BF), maximum interaction (MI), and minimum observation (MO) based on the minimum Generalized Cross Validation (GCV) value. The results of this study were obtained from the combination value of BF = 16, MI = 1, and MO = 2 with GCV = 60710.98. The factors that affect the Jakarta Composite Index (JCI) are Inflation (X1), Rupiah to USD Exchange Rate (X3), and Money Supply (X4).

Keywords: Nonparametric Regression, MARS, JCI, GCV.

1. Pendahuluan

Analisis regresi adalah analisis statistik yang mempelajari bagaimana menentukan bentuk model statistik atau hubungan antara satu atau lebih variabel prediktor dan satu atau lebih variabel respon (Astuti dkk., 2016). Untuk menjelaskan model hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor dapat digunakan metode kurva regresi. Pendekatan kurva regresi yang umum digunakan adalah regresi parametrik. Namun tidak semua model hubungan dapat diselesaikan menggunakan metode parametrik karena terkadang dalam sebuah data, penyimpangan terhadap asumsi sering terjadi seperti sisaan tidak berdistribusi normal dan tidak adanya informasi mengenai bentuk hubungan variabel respon dan variabel prediktor. Untuk menghindari asumsi-asumsi yang ketat, bentuk kurva tidak diketahui, dan pola menyebar, maka kurva regresi dapat diduga menggunakan pendekatan model regresi nonparametrik (Asriani dkk., 2016).

Di Indonesia, fluktuasi pasar modal dapat diamati melalui naik turunnya harga saham yang dicatat melalui fluktuasi kinerja indeks yang disebut juga dengan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). IHSG merupakan nilai yang digunakan untuk mengukur pergerakan kinerja gabungan semua saham (perusahaan/entimen) yang tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI) atau yang sekarang dikenal sebagai Bursa Efek Jakarta (BEJ) (Kinanty dkk., 2023).

Menurut situs berita CNBC Indonesia, sepanjang semester I tahun 2023, kinerja Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dinilai kurang memuaskan, IHSG melemah 2,09%. Dilihat dari kinerjanya sehari-hari, IHSG pada semester I tahun 2023 gagal menguat sebesar 2%. Paling banyak tertahan di angka 1,71% pada perdagangan 17 Maret 2023. Selain itu, IHSG mencatatkan penurunan terbesar dari 2,34% menjadi 2,14%. Masing-masing berlangsung pada 5 Januari 2023 dan 14 Maret 2023 (Dwi, 2023). Pergerakan IHSG sangat dipengaruhi oleh faktor makroekonomi. Faktor makroekonomi telah terbukti secara empiris mempengaruhi kondisi pasar modal di sejumlah Negara (Tendelilin, 2010). Faktor-faktor tersebut antara lain tingkat inflasi, tingkat suku bunga SBI, nilai tukar, dan jumlah uang beredar. Oleh sebab itu penelitian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja Indeks Harga Saham Gabungan sangat diperlukan untuk dijadikan bahan acuan dalam pengambilan keputusan investasi yang menguntungkan serta perkembangan perekonomian di Indonesia yaitu menggunakan metode Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) dimana MARS berguna untuk mengatasi permasalahan data berdimensi tinggi seperti kasus Indeks Harga Saham Gabungan

¹ Corresponding author.

E-mail address: ruliana.t@unm.ac.id



(IHSG) yang memiliki banyak variabel yang mempengaruhinya.

2. Kajian Pustaka

2.1 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah alat statistik yang banyak digunakan di berbagai bidang. Analisis regresi digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel atau lebih dan juga menunjukkan arah hubungan antara variabel terikat dan bebas (Ghozali, 2013). Menurut Budiantara (2005), analisis regresi dibedakan atas tiga jenis berdasarkan pola hubungan data yang dihasilkan antar dua variabel atau kurva regresi, yaitu regresi parametrik, semi parametrik, dan nonparametrik (Widagdo dkk., 2020).

Regresi nonparametrik adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengestimasi pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor dimana bentuk kurva regresi tidak diketahui dan pada umumnya diasumsikan termuat dalam suatu ruang fungsi berdimensi takhingga, dan merupakan fungsi yang mulus (*smooth*) (Eubank, 1999). Bentuk pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor dapat diidentifikasi berdasarkan informasi masa lalu atau menggunakan *scatter plot*. Menurut Hardle (1990) model umum regresi nonparametrik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$1. Y_i = m(X_i) + \varepsilon_i, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.1)$$

2. dengan,

3. Y_i : variabel respon pengamatan ke- i

4. X_i : variabel prediktor pengamatan komponen nonparametrik ke- i

5. m : fungsi regresi yang tidak diketahui

2.2 Regresi Spline

6. Menurut Eubank (1988) dalam Hidayat dkk (2017) *Spline* dalam regresi nonparametrik mempunyai sifat fleksibilitas yang tinggi dan mempunyai kemampuan mengestimasi perilaku data yang cenderung berbeda pada interval yang berlainan. Kemampuan mengestimasi perilaku data ini ditunjukkan oleh fungsi *truncated* (potongan-potongan) yang melekat pada estimator dan potongan-potongan tersebut yang disebut titik knot. Titik knot merupakan titik perpaduan bersama yang menunjukkan perubahan pola perilaku fungsi pada selang yang berbeda. *Spline* merupakan salah satu jenis *piecewise* polynomial, yaitu polynomial yang memiliki sifat tersegmen (Hidayat dkk., 2017). Dalam fungsi *spline* terdapat titik knot yang merupakan titik perpaduan yang menunjukkan perubahan perilaku kurva pada selang yang berbeda (Hardle, 1990). Secara umum fungsi *spline* berorde m dengan titik knot k_1, k_2, \dots, k_n dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$7. \mu(t_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j t_i^j + \sum_{l=1}^n \beta_{m+l} (t_i - k_l)_+^m \quad (2.2)$$

8.

9.

10.

11. dengan

$$12. (t_i - k_l)_+^m = f(x) = \begin{cases} (t - k_l)^m, & t \geq k_l \\ 0, & t < k_l \end{cases} \quad (2.3)$$

13. merupakan fungsi potongan (*truncated*), β menyatakan parameter model; β_0 menyatakan *intersep*; β_{j+l} merupakan *slope* pada variabel *truncated knot* ke- l pada *spline* berorde m ; t adalah variabel respons; k_l adalah *knot* ke- l ; n adalah banyaknya *knot* dalam variabel respons ke- j ; β_j adalah konstanta real dan k_1, k_2, \dots, k_n adalah titik *knot*.

14.

2.3 Multivariate Adaptive Regression Spline

15. *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) merupakan salah satu model regresi nonparametrik yang pertama kali diperkenalkan oleh Jerome Friedman pada tahun 1991. MARS merupakan salah satu kelompok model statistik modern dengan pendekatan regresi nonparametrik yang menghasilkan pemodelan regresi yang fleksibel untuk data dengan variabel prediktor $3 \leq k \leq 20$ dan ukuran sampel $50 \leq n \leq 1000$. Model MARS merupakan kombinasi yang kompleks dari *spline* dan *Recursive Partition Regression* (RPR). Bentuk model MARS merupakan perluasan hasil kali fungsi-fungsi basis *spline*, dimana jumlah fungsi basis beserta parameter-parameternya ditentukan secara otomatis oleh

data dengan menggunakan RPR, yang merupakan salah satu metode pemodelan regresi yang biasa digunakan untuk data berdimensi tinggi karena penentuan knot tergantung (otomatis) dari data (Darwin & Zurimi, 2019). Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan model MARS yaitu:

- a) Knot, merupakan nilai variabel prediktor ketika slope suatu garis regresi mengalami perubahan. Minimum observasi (MO) antara knot adalah 0, 1, 2, dan 3.
- b) Fungsi basis (BF) yaitu selang antara knot yang berurutan. Pada umumnya fungsi basis yang dipilih berbentuk polynomial dengan turunan yang kontinu pada setiap titik knot. Friedman (1991), memberikan saran agar maksimum fungsi basis yang digunakan adalah antara 2 – 4 kali variabel prediktor
- c) *Interaction* (interaksi) yaitu hasil perkalian silang antar variabel yang saling berkorelasi. Jumlah maksimum interaksi (MI) yang diperbolehkan adalah 1, 2, atau 3. Jika MI > 3 akan dihasilkan model yang semakin kompleks dan model akan sulit untuk diinterpretasi (Otok, 2009).

Menurut Friedman (1991) model umum MARS dapat ditulis :

$$f(x) = a_0 + \sum_{m=1}^M a_m \prod_{k=1}^{K_m} [S_{km}(x_{v(k,m)} - t_{km})] \quad (2.4)$$

16. dengan,

17. a_0 = basis fungsi induk

18. a_m = koefisien fungsi basis ke- m

19. M = banyaknya maksimum fungsi basis

20. K_m = derajat interaksi pada fungsi basis ke- m

21. S_{km} = bernilai 1 jika x terletak di kanan titik knot dan bernilai -1 jika x terletak di kiri titik knot

22. $x_{v(k,m)}$ = variabel prediktor ke- v

23. t_{km} = nilai knot dari variabel prediktor

Persamaan model MARS dapat disederhanakan sebagai berikut:

$$y_i = a_0 + a_1 BF_1 + a_2 BF_2 + \dots + a_m BF_m \quad (2.5)$$

dengan y_i merupakan variabel respon, a_0 adalah konstanta, a_m adalah koefisien untuk basis fungsi ke- m dan BF_m adalah basis fungsi ke- m .

2.4 Pemilihan Model Terbaik

24. Pembentukan model *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) diawali menentukan knot dan fungsi basis setiap variabel prediktor dengan cara mem-plot setiap variabel prediktor dengan variabel respon. Jumlah knot yang optimum akan menghasilkan model MARS yang baik sehingga kemudian dilakukan tahap pemilihan model dengan menggunakan metode *stepwise* (Permathasari dkk., 2018). *Forward stepwise* dilakukan untuk mendapatkan jumlah basis fungsi maksimum dengan kriteria pemilihan basis fungsi adalah meminimumkan *Average Sum Of Square Residual* (ASR). Menurut Friedman dan Silverman (1989), serta Friedman (1990, 1991) dalam (Raupong, 2010), untuk memenuhi konsep parsimoni (model sederhana) dilakukan *backward stepwise* yaitu memilih basis fungsi yang dihasilkan dari *forward stepwise* dengan meminimumkan nilai *Generalized Cross-Validation* (GCV). Model terbaik ditentukan berdasarkan kriteria *Generalized Cross Validation* (GCV) yang diperkenalkan oleh Wahba pada tahun 1979. (Friedman, 1991) menggunakan GCV untuk memilih model terbaik.

$$25. LOF(\hat{f}_M) = GCV(M) = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i - \hat{f}_M(x_i)]^2}{[n^{-1} \text{tr}(I-H)]^2} \quad (2.6)$$

26. dengan :

$$27. \tilde{C}(M) = C(M) + d.M \quad (2.7)$$

$$28. = \text{Tr}[(B^T B)^{-1} B^T + 1] \quad (2.8)$$

29. dimana :

30. LOF = *lack-of-fit test*

31. N = ukuran sampel

32. y_i = variabel respon

33. x_i = variabel prediktor

34. $\hat{f}_M(x_i)$ = nilai taksiran variabel respon pada M fungsi basis di x_i

35. d = nilai optimal fungsi basis $2 \leq d \leq 4$

36.

37. 2.5 Indeks Harga Saham Gabungan

38. Indeks Harga Saham Gabungan atau disingkat dengan IHSG adalah suatu rangkaian informasi historis mengenai pergerakan harga saham gabungan, sampai tanggal tertentu. Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) mencerminkan suatu nilai yang berfungsi sebagai pengukuran kinerja suatu saham gabungan (Sunariyah, 2011 dalam Putranto & Ismail, 2018).

Menurut Hartono (2010) dalam Listriono & Nuraina (2015) Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) di BEI meliputi pergerakan-pergerakan harga untuk saham biasa dan preferen. Pergerakan IHSG menjadi indikator penting bagi para investor untuk memperkirakan apakah mereka akan menjual, menahan, atau membeli suatu atau beberapa saham. Pergerakan nilai IHSG biasanya menunjukkan perubahan situasi pasar yang terjadi. Seiring dengan perkembangan dan dinamika pasar, IHSG mengalami periode naik dan turun. Nilai IHSG yang mengalami kenaikan menggambarkan kondisi pasar yang sedang aktif. Kondisi inilah yang biasanya menunjukkan keadaan yang diinginkan. Nilai IHSG yang tetap menunjukkan keadaan pasar yang stabil, sedangkan nilai IHSG yang menurun menggambarkan kondisi pasar yang sedang lesu (Anoraga & Pakarti, 2006 dalam Agustina dkk., 2015). Pergerakan IHSG sangat dipengaruhi oleh faktor makroekonomi. Faktor makroekonomi telah terbukti secara empiris mempengaruhi kondisi pasar modal di sejumlah Negara (Tendelilin, 2010). Faktor-faktor tersebut antara lain tingkat inflasi, tingkat suku bunga SBI, nilai tukar, dan jumlah uang beredar.

3. Metode Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

- Jenis penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini akan mengambil dan mengumpulkan data-data yang diperlukan lalu kemudian akan di analisis menggunakan metode *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) untuk melakukan pemodelan dan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) di Indonesia tahun 2018 – 2023.

3.2 Sumber Data

- Penelitian ini menggunakan data berupa data sekunder yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik (www.bps.go.id), Bank Indonesia (www.bi.go.id), dan website yahoo finance (www.finance.yahoo.com). Pada penelitian ini terdapat dua variabel yang digunakan yaitu Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) di Indonesia periode Januari 2018 – Januari 2023 sebagai variabel terikat dan tingkat inflasi, BI rate, nilai tukar (Kurs), dan jumlah uang beredar sebagai variabel bebas.

3.3 Definisi Operasional Variabel

- Definisi operasional adalah menjelaskan maksud dari variabel penelitian untuk memahami arti setiap variabel penelitian sebelum melakukan analisis. Definisi operasional pada penelitian ini yaitu :

- a) Indeks Harga Saham Gabungan (Y) : Indeks Harga Saham Gabungan atau disingkat dengan IHSG adalah suatu rangkaian informasi historis mengenai pergerakan harga saham gabungan, sampai tanggal tertentu.
- b) Inflasi (X_1) : Inflasi adalah kecenderungan dari harga-harga untuk naik secara umum dan terus menerus. Kenaikan harga dari satu atau dua barang saja tidak disebut inflasi kecuali kenaikan harga tersebut meluas kepada (atau mengakibatkan kenaikan) sebagian besar harga-harga barang lain (Budiono, 2013).
- c) BI Rate (X_2) : BI Rate merupakan suku bunga kebijakan yang mencerminkan sikap atau stance kebijakan moneter yang ditetapkan oleh bank Indonesia dan diumumkan kepada publik (Bank Indonesia, 2016)
- d) Nilai Tukar (Kurs) (X_3) : Nilai tukar (kurs) merupakan harga mata uang suatu negara terhadap mata uang negara lain. Indikator yang digunakan adalah nilai kurs Dolar AS.
- e) Jumlah Uang yang Beredar (X_4) : Jumlah uang beredar menurut Bank Indonesia adalah kewajiban sistem moneter (Bank Sentral, Bank Umum, dan Bank Perkreditan Rakyat/BPR) terhadap sektor swasta domestik (tidak termasuk pemerintah pusat dan bukan penduduk. Dalam penelitian ini, jumlah uang beredar yang digunakan adalah M2 karena M2 merupakan salah satu gambaran likuiditas perekonomian.

3.4 Teknik Analisis Data

- Adapun teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian, sebagai berikut :

- a) Melakukan statistik deskriptif dan grafik plot antara variabel respon IHSG dengan masing-masing variabel prediktor sebagai langkah awal mengetahui pola hubungan antar variabel tersebut.
- b) Jika plot antar variabel memberikan kurva regresi yang tidak diketahui polanya, maka lanjut ke analisis regresi nonparametrik, yaitu menggunakan *Multivariate Adaptive Regression Spline*
- c) Melakukan pemodelan MARS :
 - Menentukan maksimum jumlah fungsi basis (BF), maksimum fungsi basis yang dibolehkan adalah sebanyak dua sampai empat kali dari banyaknya variabel prediktor yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan 4 variabel prediktor sehingga maksimum jumlah BF adalah 8, 12, dan 16.
 - Menentukan jumlah maksimum interaksi, jumlah maksimum interaksi (MI) yaitu 1, 2, dan 3. Apabila terdapat lebih dari 3 interaksi, maka akan menimbulkan interpretasi model yang sangat kompleks.
 - Menentukan minimum observasi (MO) yaitu 0, 1, 2, dan 3.
- d) Menetapkan model terbaik dengan didasarkan pada nilai *Generalized Cross Validation (GCV)* terkecil yang diperoleh dari pengkombinasian antara fungsi basis (BF), maksimum interaksi (MI) dan minimum observasi (MO).
- e) Melakukan uji signifikansi model MARS dan mendapatkan variabel-variabel yang berpengaruh signifikan dari pembentukan model MARS secara simultan dan parsial.
- f) Melakukan interpretasi model MARS terbaik dan interpretasi variabel-variabel yang paling berpengaruh di model tersebut.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Statistika Deskriptif

Analisis deskriptif berguna untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul tanpa bermaksud membuat kesimpulan. Deskripsi variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai minimum, maksimum, mean, dan standar deviasi. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data kontinu yaitu data Indeks Harga Saham Gabungan di Indonesia pada tahun 2018 – 2023 sebagai variabel respon dan Inflasi, BI Rate, Nilai Tukar (Kurs), dan Jumlah Uang Beredar sebagai variabel prediktor. Berikut diberikan hasil analisis statistika deskriptif Indeks Harga Saham Gabungan dalam Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Statistika Deskriptif Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG)

Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar deviasi
4538,93	7228,91	6172,411	648,6018

Berdasarkan Tabel 4.1, Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) di Indonesia dari Januari 2018 - 2023 memiliki nilai minimum 4538,93 yaitu pada bulan Maret 2020, dan nilai maksimum 7228,91 pada bulan April 2022. Kemudian rata-ratanya sebesar 6172 dengan standar deviasi 648,6018. Statistika deskriptif untuk variabel-variabel prediktor dari Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) adalah sebagai berikut:

a) Inflasi

Hasil analisis statistika deskriptif variabel Inflasi diberikan dalam Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Statistika Deskriptif Inflasi

Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar deviasi
0,01320	0,05950	0,02846	0,01192

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa Inflasi di Indonesia memiliki rata-rata sebesar 0,02846 dengan standar deviasi 0,01192. Tingkat inflasi terendah dari Januari 2018 – 2023 terdapat pada bulan Agustus 2020 yaitu sebesar 1,32% sedangkan tingkat inflasi tertinggi terdapat pada bulan September 2022 sebesar 5,95%.

b) BI Rate

Hasil analisis statistika deskriptif variabel BI Rate diberikan dalam Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Statistika Deskriptif BI Rate

Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar deviasi
3,50	6,00	4,52	0,93

Berdasarkan Tabel 4.3 dinyatakan bahwa BI Rate memiliki rata-rata sebesar 4,52 dengan standar deviasi 0,93 . Nilai minimum BI Rate dari Januari 2018 – 2023 yaitu 3,50 pada bulan September 2022 dan nilai maksimumnya konsisten pada angka 6,00 dari bulan November 2018 – Juni 2019.

c) Nilai Tukar (Kurs) IRD Terhadap USD

Hasil analisis statistika deskriptif variabel Nilai Tukar (Kurs) IDR terhadap USD diberikan dalam Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Statistika Deskriptif Nilai Tukar (Kurs) IDR terhadap USD

Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar deviasi
13413	16367	14465,52	530,47

Berdasarkan Tabel 4.4, nilai tukar mata uang Indonesia (IDR) terhadap mata uang Internasional (USD) dari bulan Januari 2018 – 2023 memiliki nilai minimum 13.413 IDR yaitu pada bulan Januari 2018 dan nilai maksimum 16.367 IDR pada bulan April 2020 , serta rata-rata yang dimiliki yaitu 14465,52 dengan standar deviasi 530,47.

d) Jumlah Uang Beredar

Hasil analisis statistika deskriptif variabel Jumlah Uang Beredar diberikan dalam Tabel 4.5 sebagai berikut:

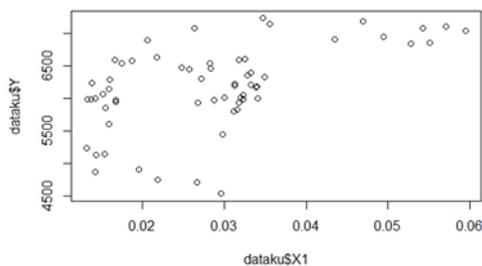
Tabel 4. 5 Statistika Deskriptif Jumlah Uang Beredar

Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar deviasi
5351650,33	8528022,31	6644415	934174.6

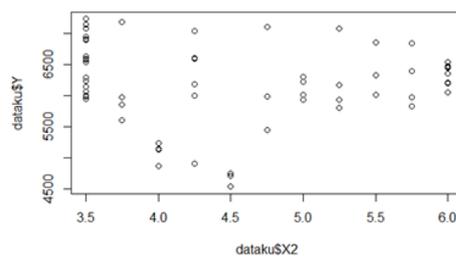
Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa Jumlah Uang Beredar di Indonesia periode Januari 2018 – 2023 memiliki rata-rata sebesar 6644415 dengan standar deviasi 934174,6 . Nilai minimum Jumlah Uang Beredar terdapat pada bulan Februari 2018 yaitu sebesar 5351650,33 sedangkan nilai maksimumnya terdapat pada bulan Desember 2022 sebesar 8528022,31.

4.2 Scatterplot Variabel Respon Terhadap Variabel Prediktor

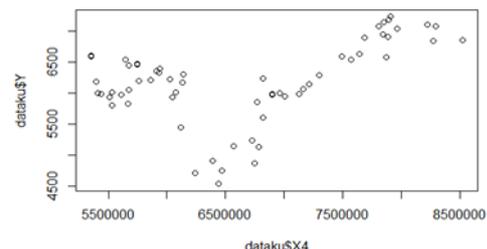
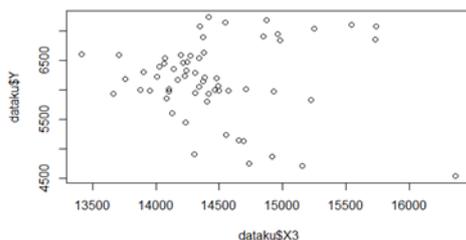
Scatterplot antara variabel respon dan variabel prediktor merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk melihat apakah ada atau tidaknya hubungan yang signifikan antara variabel-variabel dalam plot. Secara visual plot hubungan variabel prediktor terhadap variabel respon diberikan pada Gambar 4.1 sebagai berikut :



a) Plot Variabel Y dan X1



b) Plot Variabel Y dan X2



c) Plot Variabel Y dan X3

d) Plot Variabel Y dan X4

Gambar 4. 1 Plot Variabel Respon terhadap Variabel Prediktor

Berdasarkan Gambar 4.1 mengindikasikan bahwa plot tidak menunjukkan kecenderungan membentuk pola tertentu dan tidak cukup menjelaskan hubungan linear antara variabel respon dengan prediktor. Dengan adanya keterbatasan informasi mengenai bentuk fungsi dan tidak jelasnya beberapa pola hubungan antara variabel respon dan prediktor merupakan pertimbangan digunakan regresi nonparametrik untuk memodelkan data tersebut. Pendekatan regresi nonparametrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS). MARS merupakan metode yang tidak mengasumsikan dan mengidentifikasi tipe khusus seperti hubungan linier, kuadrat, atau kubik antar variabel, variabel prediktor dan respon (Shafana & Gunawan, 2022). MARS juga memiliki kemampuan menangani data berdimensi tinggi dan diskontinuitas pada data.

4.3 Pemodelan Menggunakan *Multivariate Adaptive Regression Spline*

Penelitian ini menggunakan software R studio versi 4.2.2 untuk melakukan pemodelan menggunakan metode MARS berdasarkan kombinasi nilai Fungsi Basis (BF), Maksimum Interaksi (MI), dan Minimum Observasi (MO). Pemodelan MARS dilakukan dengan cara *trial and error* sehingga didapatkan nilai terbaik berdasarkan nilai *Generalized Cross Validation (GCV)* minimum. Hasil model MARS terbaik yang didapatkan yaitu model dengan Fungsi Basis (BF) = 16, nilai Maksimum Interaksi (MI) = 1, dan Minimum Observasi (MO) = 2 dengan nilai GCV = 60710.98 seperti Tabel 4.6. Sehingga model MARS terbaik untuk memodelkan Indeks Harga Saham Gabungan di Indonesia dapat dilihat pada persamaan 6.1

Tabel 4. 6 Hasil Pemodelan MARS Menurut Kombinasi BF, MI, dan MO

BF	MI	MO	GCV	Variabel yang masuk model
8	1	0	95441.65	X2, X3, X4
	1	1	95004.63	X2, X3, X4
	1	2	95004.63	X2, X3, X4
	1	3	95206.7	X2, X3, X4
	2	0	105752.5	X2, X3, X4
	2	1	104698.5	X2, X3, X4
	2	2	104698.5	X2, X3, X4
	2	3	105492.2	X2, X3, X4
	3	0	105752.5	X2, X3, X4
	3	1	104698.5	X2, X3, X4
	3	2	104698.5	X2, X3, X4
	3	3	105492.2	X2, X3, X4
12	1	0	71378.43	X1, X2, X3, X4
	1	1	68115.32	X1, X2, X3, X4
	1	2	68665.13	X1, X2, X3, X4
	1	3	67410.9	X1, X2, X3, X4
	2	0	69441.57	X1, X2, X3, X4
	2	1	66832.07	X1, X2, X3, X4
	2	2	69586.32	X1, X2, X3, X4
	2	3	69586.32	X1, X2, X3, X4
	3	0	69441.57	X1, X2, X3, X4
	3	1	66832.07	X1, X2, X3, X4

	3	2	66832.07	X1, X2, X3, X4
	3	3	69586.32	X1, X2, X3, X4
	1	0	67239.38	X1, X2, X3, X4
	1	1	62513.43	X1, X2, X3, X4
	1	2	60710.98	X1, X2, X3, X4
	1	3	62996.68	X1, X2, X3, X4
	2	0	68968.83	X1, X2, X3, X4
16	2	1	66832.07	X1, X2, X3, X4
	2	2	66832.07	X1, X2, X3, X4
	2	3	69203.97	X1, X2, X3, X4
	3	0	68968.83	X1, X2, X3, X4
	3	1	66832.07	X1, X2, X3, X4
	3	2	66832.07	X1, X2, X3, X4
	3	3	69203.97	X1, X2, X3, X4

$$y_i = 5286.738 + 27517.1 BF1 + 873.0115 BF2 + 464.9377 BF3 + 0.8868431 BF4 - 0.7555719 BF5 + 0.6061978 BF6 + 0.0002876812 BF7 + 0.0009703439 BF8 - 0.001474435 BF9 + \epsilon_i \quad (6.1)$$

dengan

$$BF1 = \max(0, X1 - 0.0187) \quad BF6 = \max(0, X3 - 14929)$$

$$BF2 = \max(0, 4 - X2) \quad BF7 = \max(0, 6.46819e+06 - X4)$$

$$BF3 = \max(0, X2 - 4.5) \quad BF8 = \max(0, X4 - 6.46819e+06)$$

$$BF4 = \max(0, 14062 - X3) \quad BF9 = \max(0, X4 - 7.81095e+06)$$

$$BF5 = \max(0, X3 - 14062)$$

Berdasarkan persamaan terdapat 9 basis fungsi yang berkontribusi dalam pembentukan model dari semua variabel prediktor mempengaruhi variabel respon yakni Inflasi (X₁), BI Rate (X₂), Nilai Tukar (Kurs) (X₃), Jumlah Uang Beredar (X₄).

Tabel 4. 7 Tingkat Kepentingan Variabel Prediktor

Variabel Prediktor	Tingkat Kepentingan (%)	GCV
X ₁	38.6	36.1
X ₂	38.6	36.1
X ₃	53.0	52.2
X ₄	100	100

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa variabel yang memberikan pengaruh paling besar terhadap Indeks Harga Saham Gabungan adalah Jumlah Uang Beredar (X₄) dengan skor 100%. Besarnya tingkat kepentingan setiap variabel prediktor terhadap pembentukan model dilihat dari kontribusi variabel tersebut untuk meminimumkan nilai GCV.

4.4 Interpretasi Model MARS

- a) $BF1 = \max(0, X_1 - 0.0187)$
 BF1 dengan koefisien 27517.1 akan memiliki makna atau nilainya akan sama dengan $(X_1 - 0.0187)$ jika Inflasi (X_1) lebih besar dari 0.0187. Akan tetapi jika nilai Inflasi (X_1) kurang dari atau sama dengan 0.0187 maka BF1 tidak memiliki makna atau dengan kata lain, nilainya 0. Sehingga setiap terdapat kenaikan satu fungsi basis BF1 pada Inflasi (X_1) yang lebih besar dari 0.0187 maka akan menyebabkan IHSG di Indonesia bertambah sebesar 27517.1.
- b) $BF4 = \max(0, 14062 - X_3)$
 BF4 dengan koefisien 0.8868431 akan memiliki makna atau nilainya akan sama dengan $(14062 - X_3)$ jika Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap USD (X_3) kurang dari 14062. Akan tetapi jika nilai Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap USD lebih dari atau sama dengan 14062 maka BF4 tidak memiliki makna atau dengan kata lain, nilainya 0. Sehingga setiap terdapat kenaikan satu fungsi basis BF4 pada Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap USD yang lebih besar dari 14062 maka akan menyebabkan IHSG di Indonesia bertambah sebesar 0.8868431.
- c) $BF5 = \max(0, X_3 - 14062)$
 BF5 dengan koefisien -0.7555719 akan memiliki makna atau nilainya akan sama dengan $(X_3 - 14062)$ jika Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap USD (X_3) lebih besar dari 14062. Akan tetapi jika nilai Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap USD (X_3) kurang dari atau sama dengan 14062 maka BF5 tidak memiliki makna atau dengan kata lain, nilainya 0. Sehingga setiap terdapat kenaikan satu fungsi basis BF5 pada Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap USD (X_3) yang lebih besar dari 14062 maka akan menyebabkan IHSG di Indonesia berkurang sebesar 0.7555719.
- d) $BF6 = \max(0, X_3 - 14929)$
 BF6 dengan koefisien 0.6061978 akan memiliki makna atau nilainya akan sama dengan $(X_3 - 14929)$ jika Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap USD (X_3) lebih besar dari 14929. Akan tetapi jika nilai Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap USD (X_3) kurang dari atau sama dengan 14929 maka BF6 tidak memiliki makna atau dengan kata lain, nilainya 0. Sehingga setiap terdapat kenaikan satu fungsi basis BF6 pada Nilai Tukar (Kurs) Rupiah terhadap USD (X_3) yang lebih besar dari 14062 maka akan menyebabkan IHSG di Indonesia bertambah sebesar 0.6061978.
- e) $BF7 = \max(0, 6.46819 - X_4)$
 BF7 dengan koefisien 0.0002876812 akan memiliki makna atau nilainya akan sama dengan $(6.46819 - X_4)$ jika Jumlah Uang Beredar (X_4) kurang dari 6.46819. Akan tetapi jika nilai Jumlah Uang Beredar (X_4) lebih dari atau sama dengan 6.46819 maka BF7 tidak memiliki makna atau dengan kata lain, nilainya 0. Sehingga setiap terdapat kenaikan satu fungsi basis BF7 pada Jumlah Uang Beredar (X_4) yang kurang dari dari 6.46819 maka akan menyebabkan IHSG di Indonesia bertambah sebesar 0.0002876812
- f) $BF8 = \max(0, X_4 - 6.46819)$
 BF8 dengan koefisien 0.0009703439 akan memiliki makna atau nilainya akan sama dengan $(X_4 - 6.46819)$ jika Jumlah Uang Beredar (X_4) lebih besar dari 6.46819. Akan tetapi jika nilai Jumlah Uang Beredar (X_4) kurang dari atau sama dengan 6.46819 maka BF8 tidak memiliki makna atau dengan kata lain, nilainya 0. Sehingga setiap terdapat kenaikan satu fungsi basis BF8 pada Nilai Jumlah Uang Beredar (X_4) yang lebih besar dari 6.46819 maka akan menyebabkan IHSG di Indonesia bertambah sebesar 0,0009703439.
- g) $BF9 = \max(0, X_4 - 7.81095)$
 BF9 dengan koefisien -0.001474435 akan memiliki makna atau nilainya akan sama dengan $(X_4 - 7.81095)$ jika Jumlah Uang Beredar (X_4) lebih besar dari 7.81095. Akan tetapi jika nilai Jumlah Uang Beredar (X_4) kurang dari atau sama dengan 7.81095 maka BF9 tidak memiliki makna atau dengan kata lain, nilainya 0. Sehingga setiap terdapat kenaikan satu fungsi basis BF9 pada Nilai Jumlah Uang Beredar (X_4) yang lebih besar dari 7.81095 maka akan menyebabkan IHSG di Indonesia berkurang sebesar 0.001474435.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh hasil terbaik model MARS ialah model dengan kombinasi nilai $BF = 16$, $MI = 1$, $MO = 2$ yang memberikan nilai GCV sebesar 60710.98. Variabel-variabel prediktor yang mempengaruhi variabel respon adalah Inflasi (X_1), Nilai Tukar Rupiah terhadap USD (X_3), dan Jumlah Uang Beredar (X_4) Variabel yang memberikan pengaruh paling besar terhadap Indeks Harga Saham Gabungan adalah Jumlah Uang Beredar (X_4) dengan skor 100%. Besarnya tingkat kepentingan setiap variabel prediktor terhadap pembentukan model dilihat dari kontribusi variabel tersebut untuk meminimumkan nilai GCV.

References

- Asriani, E. ., Sugiman, & Hendikawati, P. (2016). Estimasi Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) Pada Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). *UNNES Journal of Mathematics*, 5(2), 171–180. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujme>. Diakses pada tanggal 21 Agustus 2023
- Astuti, D. A. W., Sumarjaya, I. W., & Susilawati, M. (2016). Analisis Regresi Nonparametrik Spline Multivariat Untuk Pemodelan Indikator Kemiskinan Di Indonesia. *E-Jurnal Matematika*, 5(3), 111. <https://doi.org/10.24843/mtk.2016.v05.i03.p129>. Diakses pada tanggal 21 Agustus 2023
- Budiono. (2013). *Seri Sinopsis Pengantar Ilmu Ekonomi No.2 Ekonomi Makro*. Yogyakarta: BPFE-YOGYAKARTA. Diakses pada tanggal 21 Agustus 2023
- Darwin, & Zurimi, S. (2019). Analisis Model Aplikatif Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) Terhadap Klasifikasi Faktor yang Mempengaruhi Masa Studi Mahasiswa FKIP Universitas Darussalam Ambon. *Jurnal Simetrik*, 9(2), 250–255. Diakses pada tanggal 14 Agustus 2023
- Dwi, C. (2023). *Rapot Merah IHSG di Semester I-2023, Lebih Buruk Dari 2020?* CNBC Indonesia. <https://www.cnbcindonesia.com/market/20230629111856-17-450064/rapot-merah-ihsg-di-semester-i-2023-lebih-buruk-dari-2020>. Diakses pada tanggal 27 Agustus 2023
- Eubank, R. L. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing* (Second). New York : Marcel Dekker. Diakses pada tanggal 16 Juni 2023
- Friedman, H. J. (1991). Multivariate Adaptive Regression Splines. *Annals of Statistics*, 19(1), 1–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1214/aos/1176347963>. Diakses pada tanggal 21 Agustus 2023
- Ghozali, I. (2013). *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 21 Update PLS Regresi*. Yogyakarta: Badan Penerbit Undip. Diakses pada tanggal 7 September 2023
- Hardle, W. (1990). *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge University Press. Diakses pada tanggal 14 Agustus 2023
- Hidayat, R., Yuliani, & Sam, M. (2017). Model Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Spline Truncated. *Prosiding Seminar Nasional*, 3(1), 203–210. Diakses pada tanggal 21 Agustus 2023
- Kinanty, C. S., Subanti, S., & Susanti, Y. (2023). Pengaruh Tingkat Inflasi , BI Rate , Nilai Tukar Rupiah-Dollar dan Jumlah Uang Beredar terhadap Indeks Harga Saham Gabungan dengan Pendekatan Error Correction Model (ECM). *Seminar Nasional LPPM Ummat*, 2(April), 528–538. Diakses pada tanggal 14 Agustus 2023
- Otok, B. W. (2009). *Konsistensi dan Asimtotik Normalitas Model Multivariate Adaptive Regression Spline (Mars) Respon Biner Consistency and Asymptotic Normality of Maximum Likelihood Estimator in MARS Binary Response Model*. 10(2), 133–140. Diakses pada tanggal 14 Agustus 2023
- Permathasari, P., Devianto, D., & Mayastri, M. (2018). Multivariate Adaptive Regression Spline dan Regresi Kuantil Pada Indeks Harga Saham Gabungan Periode 2013-2018. *Jurnal Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang*, 6(2), 94–103. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/statistik/article/view/4313>. Diakses pada tanggal 21 Agustus 2023
- Putranto, N. E., & Ismail, M. (2018). Analisis Kausalitas Antara IHSG, Nilai Tukar, Jumlah Uang beredar dan Produk Domestik Bruto di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Universitas Brawijaya*, 1–14. <https://jimfeb.ub.ac.id/index.php/jimfeb/article/download/5300/4664>. Diakses pada tanggal 2 September 2023
- Raupong. (2010). Algoritma Penalized Residual Sum of Square pada Penentuan Model Multivariate Adaptive Regression Spline dengan Respon Kontinu. *Jurnal Matematika, Statistika, dan Komputasi*, 7(1), 1–12. Di akses pada tanggal 14 September 2023