

PEMODELAN INDEKS KEBAHAGIAAN NEGARA DENGAN METODE *MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE*

Ulfitasari Ulfitasari

Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

Email: ulfitasari03@gmail.com

April Yonita

Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

Email: nitanita030518@gmail.com

Siswanto Siswanto

Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

*Email: siswanto@unhas.ac.id

Anisa Kalondeng

Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

Email: nkalondeng@gmail.com

Abstrak

Tingkat kebahagiaan di suatu daerah dapat tercermin dari nilai indeks kebahagiaannya. Indeks kebahagiaan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti Pendapatan Domestik Bruto (PDB) per kapita, hubungan sosial, ekspektasi hidup sehat, kemurahan hati, kebebasan, dan persepsi korupsi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap indeks kebahagiaan negara pada tahun 2020. Metode yang tepat digunakan untuk kasus ini adalah pendekatan regresi nonparametrik dengan Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS). Penelitian ini menghasilkan model terbaik dengan kombinasi BF = 12, 18, dan 24 dengan MI = 1 dan MO = 3 yang memiliki nilai GCV sebesar 0.367. Variabel prediktor yang teruji berpengaruh signifikan secara simultan dan parsial terhadap indeks kebahagiaan negara adalah hubungan sosial dan ekspektasi hidup sehat.

Kata Kunci: *Generalized Cross Validation*, Indeks Kebahagiaan Negara, Multivariate Adaptive Regression Spline, Regresi Nonparametrik.

Abstract

The level of happiness in a region can be reflected by its happiness index, influenced by several factors such as Gross Domestic Product (GDP) per capita, social relationships, healthy life expectancy, generosity, freedom, and perception of corruption. The aim of this research is to analyze the factors influencing the happiness index of a country in the year 2020. The appropriate method used for this case is the nonparametric regression approach with Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS). The study resulted in the best model with a combination of basis functions (BF) 12, 18, and 24, with input variables (MI) set at 1 and output variables (MO) at 3, yielding a Generalized Cross Validation (GCV) value of 0.367. The predictor variables tested have a significant simultaneous and partial impact on the country's happiness index, with social relationships and healthy life expectancy being notable contributors.

Keywords: *Generalized Cross Validation*, Country Happiness Index, Multivariate Adaptive Regression Spline, Nonparametric Regression.

PENDAHULUAN

Kebahagiaan adalah suatu kondisi yang mencerminkan kesejahteraan bagi setiap individu. Segala upaya diperlukan untuk menciptakan faktor-faktor yang menghasilkan kebahagiaan atau menuju

keadaan yang bahagia (Lopies et al., 2023). Tidak ada rumus yang jelas untuk menentukan mengapa seseorang merasa bahagia dibandingkan dengan orang lain. Namun, perbedaan individual ini cenderung rata-rata saat dianalisis dalam konteks nasional bahkan internasional (Moore, 2021).

Tingkat kebahagiaan di suatu daerah dapat tercermin dari nilai indeks kebahagiaannya.

Indeks kebahagiaan merupakan suatu ukuran yang dapat mencerminkan persepsi kebahagiaan individu dalam masyarakat ditinjau dari persepsi subjektif terhadap segala aspek dalam kehidupan individu tersebut (Wayan et al., 2023.). Indeks kebahagiaan menjadi komponen utama dalam laporan *World Happiness*. Laporan ini merupakan laporan tahunan yang diterbitkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) dan berpengaruh untuk mengevaluasi tingkat kebahagiaan masyarakat di seluruh dunia (Helliwell et al., 2021.). Indeks kebahagiaan negara dihitung berdasarkan sejumlah faktor, seperti Pendapatan Domestik Bruto (PDB) per kapita, hubungan sosial, kebebasan, kemurahan hati, persepsi tentang korupsi, dan ekspektasi hidup sehat (Tofallis, 2020).

Penelitian sebelumnya mengandalkan analisis regresi linear untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel-variabel utama. Metode ini cenderung mengasumsikan hubungan linier antara variabel, sehingga kurang efektif dalam menangani hubungan nonlinier atau kompleks antar variabel. Metode ini hanya dapat digunakan ketika data-data yang diukur mengikuti model linear untuk memperoleh hasil yang baik (Yuniarti et al., 2020). Oleh karena itu, peneliti mengadopsi pendekatan yang lebih canggih yaitu *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS). Metode ini mampu mengeksplorasi hubungan yang lebih kompleks dan nonlinier di antara variabel-variabel utama dalam indeks kebahagiaan negara.

Friedman menjadi orang yang pertama kali mempopulerkan MARS pada tahun 1991. Metode MARS merupakan salah satu teknik regresi nonparametrik, sehingga model yang digunakan tidak bergantung pada asumsi tertentu (Mijayanti., 2021). Metode MARS banyak digunakan dalam penelitian saat ini, diantaranya yaitu (Putu, 2022) penggunaan MARS untuk memodelkan lama sekolah di Kabupaten Gianyar, (Kartini, 2023.) menganalisis faktor yang mempengaruhi kelayakan nasabah dalam mengajukan pembiayaan, (Mattalunru et al., 2022) menganalisis faktor yang mempengaruhi tingkat curah hujan di Kotal Makassar, dan penelitian lainnya yang menggunakan metode MARS.

Menurut penelitian (Hamidah et al., 2023.) yang menganalisis berbagai faktor tingkat kebahagiaan negara berdasarkan data *World Happiness Report* tahun 2022, variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap indeks kebahagiaan negara adalah hubungan sosial dan ekspektasi hidup sehat. Pada penelitian kali ini data yang digunakan adalah *World Happiness* tahun 2020 untuk memberikan pandangan mendalam tentang dampak awal penyebaran COVID-19 terhadap indeks kebahagiaan negara. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang memusatkan perhatian pada data dari tahun 2022, sehingga dapat diperoleh perbandingan situasi pada awal pandemi dengan kondisi yang lebih terkini.

KAJIAN TEORI

Regresi Nonparametrik

Regresi nonparametrik adalah salah satu metode regresi yang digunakan untuk memahami hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor ketika bentuk kurva regresinya tidak diketahui. Model regresi ini sangat fleksibel dalam menangkap pola data yang beragam.

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

Keterangan:

y_i = Variabel Respon

$f(x_i)$ = Fungsi regresi yang tidak diketahui polanya

ε_i = Residual atau error

Multivariate Adaptive Regression Spline

Model MARS adalah suatu pendekatan yang menggabungkan metode spline dengan regresi partisi rekursif untuk menghasilkan estimasi fungsi regresi yang bersifat kontinu. Spline sendiri merupakan jenis fungsi polinomial yang terbagi menjadi segmen-segmen terpisah, memberikan fleksibilitas lebih dibandingkan polinomial biasa (Punggodewi et al., 2020). Sifat tersegmen ini memungkinkan model untuk menyesuaikan secara lebih baik terhadap karakteristik lokal pada fungsi atau data. Dalam model ini terdapat dua hal yang harus diperhatikan, yaitu knot dan fungsi basis yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor. Secara umum model MARS dapat ditulis:

$$f(x) = a_0 + \sum_{m=1}^M \sum_{m=1}^M a_m \prod_{k=1}^{K_m} [S_{km}(X_{V_N(k,m)} - t_{km})] \quad (2)$$

Keterangan:

- a_0 = Basis fungsi induk
- a_m = Koefisien dari fungsi basis ke- m
- M = Banyak maksimum fungsi basis
- K_m = Derajat interaksi pada fungsi basis ke- m
- s_{km} = Bernilai 1 atau -1 jika data berada disebelah kanan atau kiri titik knot
- $x_{v_N(k,m)}$ = Variabel prediktor ke- v
- t_{km} = Nilai knot dari variabel prediktor

Berdasarkan fungsi regresi nonparametrik model MARS dinyatakan dalam persamaan:

$$y_i = a_0 + \sum_{m=1}^M a_m \prod_{k=1}^{K_m} [S_{km}(x_{p_n}(k, m) - t_{km})] \quad (3)$$

Sehingga dalam bentuk matriks ditulis sebagai berikut:

$$\underline{Y} = \underline{B}\underline{a} + \underline{\varepsilon} \quad (4)$$

dengan:

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

$$\underline{a} = (a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_M)^T$$

$$\underline{B} = \begin{pmatrix} 1 & \prod_{k=1}^{K_1} [S_{1m}(x_{v_1(1,m)} - t_{1m})] & \dots & \prod_{k=1}^{K_M} [S_{Mm}(x_{v_1(M,m)} - t_{Mm})] \\ 1 & \prod_{k=1}^{K_1} [S_{1m}(x_{v_2(1,m)} - t_{1m})] & \dots & \prod_{k=1}^{K_M} [S_{Mm}(x_{v_2(M,m)} - t_{Mm})] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \prod_{k=1}^{K_1} [S_{1m}(x_{v_N(1,m)} - t_{1m})] & \dots & \prod_{k=1}^{K_M} [S_{Mm}(x_{v_N(M,m)} - t_{Mm})] \end{pmatrix}$$

Sedangkan estimasi model diperoleh dari persamaan (4):

$$\hat{\underline{Y}} = \underline{B}\hat{\underline{a}}$$

$$\hat{\underline{a}} = \underline{B}(\underline{B}^T \underline{B})^{-1} \underline{B}^T \underline{Y}$$

Model MARS terbaik diperoleh dari model yang memiliki nilai *generalized cross-validation* (GCV) paling rendah.

$$GCV(M) = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i - \hat{f}_M(x_i)]^2}{\left[1 - \frac{\hat{C}(M)}{N}\right]^2} \quad (5)$$

Keterangan:

- y_i = Variabel respon
- x_i = Variabel prediktor
- N = Banyaknya pengamatan
- $\hat{f}_M(x_i)^2$ = Nilai taksiran variabel respon pada M fungsi basis di x_i
- M = Banyaknya maksimal fungsi basis
- $\hat{C}(M)$ = $C(M) + dM$

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

d = Nilai ketika setiap fungsi basis mencapai optimasi $2 \leq d \leq 4$

Model regresi logistik MARS dibentuk dengan mengganti $\hat{f}(x)$, maka model logistic MARS:

$$p = \frac{e^{\hat{f}(x)}}{1 + e^{\hat{f}(x)}}$$

dengan:

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

Sehingga:

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = a_0 + \sum_{m=1}^M a_m \prod_{k=1}^{K_m} [S_{km}(x_{v(k,m)} - t_{km})] \quad (6)$$

METODE

Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari situs web *Gallup World Poll*. Data tersebut memuat informasi tentang indeks kebahagiaan di 153 negara pada tahun 2020. Penelitian ini melibatkan indeks kebahagiaan negara pada tahun 2020 sebagai variabel respon, serta beberapa faktor yang diasumsikan memiliki pengaruh terhadap indeks kebahagiaan negara sebagai variabel prediktor. Variabel-variabel tersebut disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Definisi Operasional
Y	Skor Indeks Kebahagiaan	Hasil dari agregasi data dari beberapa indikator yang mencerminkan tentang tingkat kebahagiaan penduduk dalam suatu negara pada periode waktu tertentu.
X_1	PDB per kapita	Nilai PDRB dibagi jumlah penduduk dalam suatu wilayah pada periode tertentu.

X_2	Hubungan sosial	Pemberian bantuan atau dukungan yang dapat menjadikan individu merasa dicintai, dihargai, dan diperhatikan.
X_3	Ekspektasi hidup sehat	Rata-rata jumlah tahun yang diharapkan individu dalam suatu populasi untuk hidup dalam keadaan bebas dari penyakit kronis atau disabilitas.
X_4	Kebebasan hidup	Kemampuan individu untuk membuat keputusan tentang kehidupan mereka sendiri tanpa batasan atau paksaan dari faktor-faktor eksternal.
X_5	Kemurahan hati	Kesediaan untuk memberikan bantuan atau pertolongan kepada orang lain tanpa mengharapkan imbalan.
X_6	Persepsi tentang korupsi	Persepsi publik tentang prevalensi dan tingkat korupsi dalam suatu masyarakat.

Pemodelan MARS terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi indeks kebahagiaan negara di analisis dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1) Analisis Deskriptif

Melakukan analisis statistik deskriptif serta membuat grafik plot antara variabel respon dan setiap variabel prediktor untuk mengetahui pola korelasi antar variabel.

2) Pembentukan Model MARS

- a. Menentukan jumlah Basis Fungsi (BF) dengan mempertimbangkan 2-4 kali jumlah variabel prediktor yang akan digunakan.
- b. Menentukan jumlah Maksimum Interaksi (MI).
- c. Menentukan Minimum Observasi (MO) antara knot.

- d. Mengestimasi dan menentukan model terbaik.
- e. Melakukan uji signifikansi terhadap model terbaik dengan uji simultan dan uji parsial.
- f. Menarik kesimpulan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskriptif Data

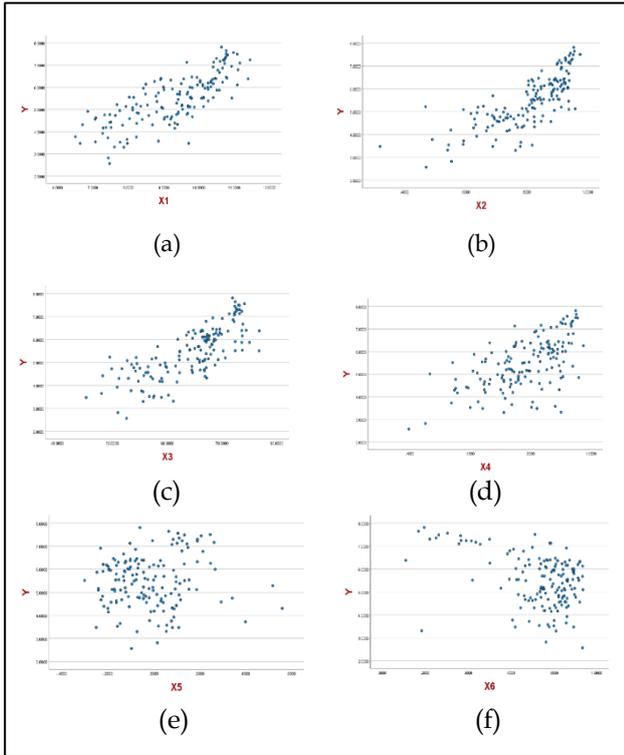
Analisis deskriptif memberikan gambaran awal mengenai indeks kebahagiaan di 153 negara. Data yang disajikan memberikan informasi kuantitatif tentang tingkat kebahagiaan di berbagai negara dunia. Analisis deskriptif dalam mencakup jumlah negara, nilai variabel minimum dan maksimum, rata-rata, dan standar deviasi dari masing-masing variabel. Statistik deskriptif dari data indeks kebahagiaan negara disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif

Variabel	N	Minimum	Maximum	Mean
Y	153	2.567	7.809	5.473
X1	153	6.493	11.450	9.296
X2	153	0.320	0.974	0.809
X3	153	45.200	76.805	64.445
X4	153	0.396	0.975	0.783
X5	153	0.301	0.561	0.014
X6	153	0.110	0.936	0.733

Tabel 2 menunjukkan nilai indeks kebahagiaan terendah dimiliki oleh Negara Afghanistan dengan nilai 2.567. Afghanistan menjadi negara paling tidak bahagia karena maraknya konflik dan kekerasan, korupsi yang mengakibatkan tingginya tingkat kemiskinan, kurangnya pekerjaan serta pembangunan yang tidak berjalan lancar (Pencerah

et al., 2023). Berbanding terbalik dengan Afghanistan, Negara Finlandia menjadi negara paling bahagia di dunia dengan indeks kebahagiaan 7.809. Hal ini terjadi karena Finlandia memiliki sistem pendidikan yang kuat, sistem kesejahteraan sosial yang baik, keseimbangan kerja dan kehidupan pribadi, dan pemerintahan yang efisien dengan stabilitas politik (Hasibuan et al., 2023). Plot sebaran hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Scatter Plot (a) Y dengan X_1 , (b) Y dengan X_2 , (c) Y dengan X_3 , (d) Y dengan X_4 , (e) Y dengan X_5 , (f) Y dengan X_6 , (g) Y dengan X_7

Gambar 1 menunjukkan bahwa beberapa plot hubungan antara indeks kebahagiaan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya tidak memperlihatkan kecenderungan membentuk pola tertentu. Hal ini menyebabkan fungsi regresinya tidak jelas. Karena informasi tentang bentuk fungsi terbatas, maka pemodelan data dapat dilakukan dengan regresi nonparametrik seperti MARS (Pertiwi et al., 2023).

Pembentukan Model MARS

Penelitian ini menggunakan *software RStudio* dalam pemodelan MARS dengan mengkombinasikan nilai BF, MO, dan MI untuk

mencari nilai GCV terkecil. BF yang digunakan adalah 12, 118, dan 124, MI yang dianjurkan adalah 1, 12, dan 13, serta nilai MO yang digunakan adalah 1, 12, dan 13. Hasil seleksi model MARS dengan kriteria GCV disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pembentukan Model MARS

No	BF	MI	MO	GCV
1	12	1	1	1.245
2	12	1	2	0.616
3	12	1	3	0.367
4	12	2	1	1.245
5	12	2	2	0.481
6	12	2	3	0.402
7	12	3	1	1.245
8	12	3	2	0.481
9	12	3	3	1.245
10	18	1	1	0.478
11	18	1	2	1.245
12	18	1	3	0.367
13	18	2	1	1.245
14	18	2	2	0.481
15	18	2	3	0.377
16	18	3	1	1.245
17	18	3	2	0.481
18	18	3	3	0.677
19	24	1	1	1.245
20	24	1	2	0.478
21	24	1	3	0.367
22	24	2	1	1.245
23	24	2	2	0.481
24	24	2	3	0.377
25	24	3	1	1.245
26	24	3	2	0.481
27	24	3	3	0.677

Tabel 3 menunjukkan nilai BF, MI, dan MO yang dikombinasikan untuk menemukan nilai GCV terkecil secara *trial and error* menghasilkan 27 model. Model terbaik dihasilkan dari kombinasi BF = 12, 18, dan 24 dengan MI = 1 dan MO = 3 dengan nilai GCV sebesar 0.367 dengan model terbaik ditampilkan pada persamaan (5).

$$\hat{Y} = 4.263 + 8.100 BF_1 + 0.093 BF_2 \quad (5)$$

dengan:

$$BF_1 = \max (X_2 - 0.773)$$

$$BF_2 = \max (X_3 - 58.710)$$

Koefisien-koefisien yang dihasilkan merupakan basis fungsi yang berpengaruh pada indeks kebahagiaan berdasarkan model terbaik dan diinterpretasikan sebagai berikut.

1. $BF_1 = \max (0, X_2 - 0.773)$ memiliki koefisien 8.100. BF_1 adalah fungsi basis yang bergantung pada variabel X_2 dan memiliki koefisien 8.100. Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan dalam BF_1 , yang dihitung sebagai maksimum antara 0 dan selisih X_2 dengan 0.773, akan menyebabkan peningkatan skor indeks kebahagiaan negara sebesar 8.100, selama nilai baku persentasenya lebih dari 0.773. Dengan kata lain, kontribusi BF_1 pada indeks kebahagiaan hanya terjadi jika X_2 lebih besar dari 0.773.
2. $BF_2 = \max (0, X_3 - 58.710)$ memiliki koefisien 0.093. BF_2 adalah fungsi basis yang terkait dengan variabel X_3 dan memiliki koefisien 0.093. Ini menunjukkan bahwa setiap unit peningkatan dalam BF_2 , dihitung sebagai maksimum antara 0 dan selisih X_3 dengan 58.710, akan menambah skor indeks kebahagiaan negara sebesar 0.093, asalkan nilai baku persentasenya lebih dari 58.710. Dengan demikian, kontribusi BF_2 pada indeks kebahagiaan hanya terjadi jika X_3 lebih besar dari 58.710.

Model terbaik menunjukkan bahwa variabel prediktor yang mempengaruhi indeks kebahagiaan menggunakan model MARS dengan nilai GCV paling rendah adalah hubungan sosial (X_2) dan ekspektasi hidup sehat (X_3). Sedangkan PDB per kapita (X_1), kebebasan (X_4), kemurahan hati (X_5), dan

persepsi tentang korupsi (X_6) tidak mempengaruhi indeks kebahagiaan negara. Variabel prediktor yang tidak berpengaruh terhadap variabel respon tidak dimasukkan ke dalam persamaan model.

Uji Signifikansi Model MARS

Uji signifikansi model MARS digunakan untuk menilai kesesuaian model yang diperoleh serta memeriksa signifikansi simultan dan parsial dari parameter model. Uji signifikansi dilakukan dengan membandingkan nilai *p-value* dengan taraf signifikansi yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut adalah hasil uji signifikansi model indeks kebahagiaan negara yang diperoleh untuk melihat tingkat signifikansi dari parameter model terbaik.

Uji Simultan

Uji simultan dengan uji F adalah metode statistik yang digunakan untuk mengetahui secara keseluruhan variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Uji ini didasarkan pada nilai koefisien BF. Jika nilai F_{hitung} lebih besar dari nilai F_{tabel} maka hipotesis nol ditolak, yang berarti bahwa terdapat minimal satu variabel prediktor memengaruhi variabel respon dengan signifikan. Uji simultan untuk model MARS disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Uji Simultan Model Terbaik

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-Value
Regression	127.184	2	63.592	156.728	0.000
Residual	60.862	150	0.406		
Total	188.046	152			

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai F_{hitung} yang dihasilkan 156.728 lebih besar dibandingkan dengan nilai F_{tabel} 3.056, serta nilai *p-value* yang dihasilkan sebesar 0.000 lebih kecil dibandingkan dengan nilai taraf signifikansi 0.05. Hal ini mengindikasikan bahwa model signifikan atau terdapat satu BF yang mengandung variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setidaknya ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Variabel prediktor ini dapat diidentifikasi dengan menggunakan uji parsial.

Uji Parsial

Uji parsial adalah metode statistik yang digunakan untuk menguji pengaruh masing-masing variabel prediktor secara terpisah terhadap variabel respon. Uji ini dilakukan setelah uji simultan dengan menggunakan uji t. Uji parsial dapat memberikan informasi yang lebih mendalam tentang pengaruh masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respon. Uji parsial untuk model MARS disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Uji Parsial Model Terbaik

Coefficients	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	P-Value
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-2.291	0.475		-4.827	0.000
BF1	3.939	0.635	0.430	6.201	0.000
BF2	0.071	0.011	0.451	6.498	0.000

Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil pengujian parsial pada model terbaik memperlihatkan bahwa nilai t_{hitung} yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan nilai t_{tabel} 1.976, serta seluruh parameter BF memiliki nilai p -value sebesar 0.000 lebih kecil dibandingkan dengan taraf signifikansi 0.05. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap parameter BF yang mewakili variabel prediktor memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon, bahkan setelah pengaruh variabel prediktor lainnya dikontrol. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap variabel prediktor dalam model terbaik memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon.

PENUTUP

SIMPULAN

Kombinasi dari BF = 12, 18, dan 24 dengan MI = 1 dan MO = 3 menghasilkan model terbaik dengan nilai GCV terkecil sebesar 0.367. Hasil terbaik yang diperoleh menggunakan metode MARS menunjukkan bahwa BF_1 dengan variabel prediktor hubungan sosial (X_2) dan BF_2 dengan variabel prediktor ekspektasi hidup sehat (X_3) berkontribusi terhadap peningkatan skor indeks kebahagiaan dengan mempertimbangkan batasan ambang tertentu pada nilai masing-masing BF. Variabel X_2 dan X_3 berpengaruh signifikan secara simultan dan parsial terhadap nilai indeks kebahagiaan negara.

DAFTAR PUSTAKA

- Gabrela, p. P., ratna, m., & budiantara, i. N. (2020). Pemodelan angka harapan hidup di provinsi papua menggunakan pendekatan regresi nonparametrik spline truncated. *Jurnal sains dan seni its*, 8(2), d341-d348.
- Hamidah, k., voutama, a., artikel, s., faktor, k. :, kdd, k., & linear, r. (n.d.). *Jurnal explore it | 1 analisis faktor tingkat kebahagiaan negara menggunakan data world happiness report dengan metode regresi linier info artikel abstrak*.
- Hasibuan, a. T., simatupang, w. W., rudini, r., & ani, s. (2023). Implementasi sistem pendidikan terbaik dunia di jenjang anak usia dasar telaah sistem pendidikan finlandia. *Jurnal pembelajaran dan matematika sigma (jpms)*, 9(1). <https://doi.org/10.36987/jpms.v9i1.4383>
- Helliwell, j. F., layard, r., sachs, j. D., & de neve, j.-e. (n.d.). *Wellbeing international wellbeing international wbi studies repository wbi studies repository world happiness report 2021 world happiness report 2021*.
- Kartini, A. Y., & Wulandari, D. (2023). Penerapan Multivariate Adaptive Regression Splines Untuk Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Kelayakan Nasabah Yang Mengajukan Pembiayaan. *Lebesgue: Jurnal*
- Lopies, c., yahya matdoan, m., loklomin, s. B., & wattimena, a. Z. (2023). Analisis dan klasifikasi tingkat kebahagiaan masyarakat berdasarkan propinsi di indonesia dengan pendekatan statistik. *Parameter: jurnal matematika, statistika dan terapannya*, 2(01), 33-46.
- Mattalunru, m. R., annas, s., & aidid, m. K. (2022). Aplikasi multivariate adaptive regression splines (mars) untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi curah hujan di kota makassar. *Variansi: journal of statistics and its application on teaching and research*, 4(1), 9-19.
- Maziyah, r., ratna, m., & budiantara, i. N. (2020). Pemodelan asfr (age specific fertility rate) di indonesia menggunakan regresi nonparametrik spline truncated. *Jurnal sains dan seni its*, 8(2), d381-d388d.
- Moore, l. (n.d.). *Final project report b8it110 word count: 4594 exploring trends and factors in the world happiness report final report higher diploma in science in data analytics acknowledgements*.
- Pencerah, s., fatima makatita, s., & yumitro, g. (2023). *Pengaruh ideologi taliban terhadap dinamika konflik afghanistan*.
- Pertiwi, y., dony permana, nonong amalita, & admi salma. (2023). Modeling human development index in papua and west sumatera with

- multivariate adaptive regression spline. *Unp journal of statistics and data science*, 1(3), 188–195. <https://doi.org/10.24036/ujsds/vol1-iss3/54>
- Punggodewi, p., pratiwi, n., statistika, j., sains terapan, f., & akprind yogyakarta, i. (2020). Pemodelan faktor-faktor yang mempengaruhi indeks ketahanan pangan dengan menggunakan pendekatan multivariate adaptive regression spline (mars). *Jurnal statistika industri dan komputasi*, 5(1), 93–106. <http://bkp.pertanian.go.id>
- Tofallis, c. (2020). Which formula for national happiness? *Socio-economic planning sciences*, 70.
- Wayan, n., damayanthi, r., luh, n., suctiptawati, p., jayanegara, k., & kencana, e. N. (n.d.). Pengelompokan provinsi di indonesia menurut indikator indeks kebahagiaan menggunakan metode average linkage. *Innovative: journal of social science research*, 3, 8859–8872.
- Yuniarti, p., wianti, w., & nurgaheni, n. E. (2020). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pertumbuhan ekonomi di indonesia. *Serambi: jurnal ekonomi manajemen dan bisnis islam*, 2(3), 169–176.